No caso dos estaleiros ficarem em zonas altamente industrializadas, como ocorre no estrangeiro, a influência deste factor é grande pois esses estaleiros tanto podem receber cimento duma origem como doutra.

Desde 1953 que no Laboratório Nacional de Engenharia Civil se está procedendo a um controle sistemático do cimento produzido nas fábricas metropolitanas, ensaiando regularmente de 15 em 15 dias uma amostra de cimento produzido por cada uma destas fábricas.

No quadro II estão indicados os valores médios das tensões de rotura dos cimentos das diferentes fábricas, ensaiados segundo as normas em vigor no nosso país (16) no período de 1953 a 1959 e os coeficientes de variação destas tensões de rotura.

QUADRO II

Valores médios e coeficientes de variação das tensões de rotura das argamassas normais dos cimentos de produção metropolitana

Tensões de rotura		Valores médios kg cm^{-2}	Coeficientes de variação %
Flexão	3 dias	32 a 38	10 a 13
	7 dias	43 a 49	7 a 12
	28 dias	57 a 67	6 a 9
Compressão	3 dias	140 a 200	12 a 17
	7 dias	210 a 270	10 a 14
	28 dias	320 a 400	8 a 11

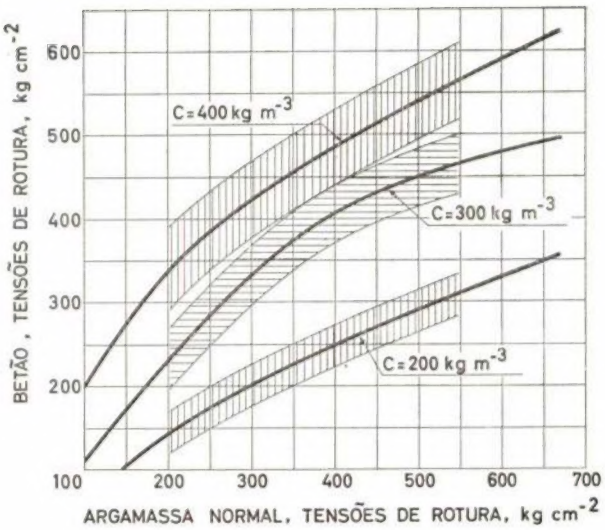


Fig. 6 — Relação entre as tensões de rotura da argamassa normal portuguesa dum dado cimento e a tensão de rotura de betões fabricados com o mesmo cimento, em compressão.

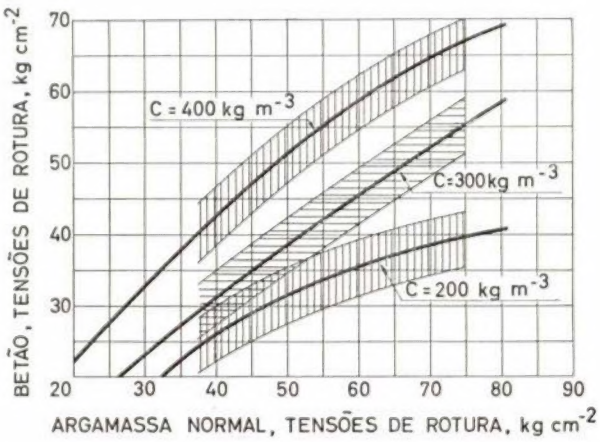


Fig. 7 — Relação entre as tensões de rotura da argamassa normal portuguesa dum dado cimento e a tensão de rotura de betões fabricados com o mesmo cimento, em flexão

Nas figs. 6 e 7 estão desenhadas curvas que relacionam as tensões de rotura obtidas nestas argamassas normais com as tensões de rotura obtidas em betões com as dosagens de cimento de 200 kg, de 300 kg e de 400 kg por metro cúbico. Os betões de 200 kg e de 300 kg de cimento são de inerte calcário, britado, com uma máxima dimensão de 50 mm, com areia siliciosa de 2,7 de módulo de finura, e com 161 e 166 litros de água por metro cúbico, respectivamente. O betão de 400 kg de dosagem de cimento difere destes por ser confeccionado com inerte silicioso e rolado, com 35 % duma areia com 3,8 de módulo de finura, contendo 157 l de água por metro cúbico de betão.

A granulometria dos inertes de todos os betões obedece à curva de Faury.

Estas curvas foram estabelecidas a partir de duas dezenas de ensaios sobre cada um dos cimentos produzidos nas cinco fábricas e engloba portanto todos os cimentos fabricados na Metrópole.

Não se pode falar duma correlação perfeita entre os resultados obtidos nos ensaios de argamassa normal e os obtidos num dado betão, pois as dispersões são grandes, como se vê nas faixas

indicadas nas figs. 6 e 7. No entanto pode prever-se uma certa ordem de grandeza da tensão de rotura a esperar num betão fabricado normalmente a partir dos resultados obtidos na argamassa normal.

Como se observa a partir dos resultados indicados no quadro II e nas figs. 6 e 7, a qualidade do cimento desempenha um papel importante na qualidade do betão.

No entanto, deve notar-se que, dado o andamento das curvas, as variações da qualidade do cimento são menos acusadas no betão do que na argamassa normal.

Por isso, e de acordo com os resultados obtidos neste estudo, as dispersões da qualidade do cimento ensaiado em betão são ligeiramente inferiores às obtidas no ensaio em argamassa normal (coeficientes de variação de cerca de 1 % a 2 % mais baixos em valor absoluto). Não se deve esquecer, contudo, que nos estamos referindo a betões feitos em laboratório, confeccionados portanto com os cuidados e com a precisão com que se amassam e ensaiam as argamassas normais (isto é, com precisões expressas em coeficientes de variação de $\pm$ 3 % a $\pm$ 5 %).

Os valores indicados no quadro II em conjugação com os das figs. 6 e 7, mostram que, se num dado estaleiro se receberem cimentos de diferentes fábricas, a qualidade do betão pode variar bastante, de mais de 50 kg cm^{-2} à compressão, e de 5 kg cm^{-2} a 10 kg cm^{-2} à flexão, só por este facto, o que acarreta um aumento considerável nos coeficientes de variação.

6. Esquema geral do estudo preliminar do betão no estaleiro.—Uma vez escolhidos os inertes, adoptada a curva ou curvas de referência do betão, calculada a percentagem daqueles para satisfazer à curva de referência, calculada ou arbitrada a quantidade de água, o que permite calcular a composição do betão, é necessário proceder à sua amassadura experimental, acertar tal composição sob o ponto de vista da trabalhabilidade e facilidade de colocação em obra e proceder à execução de cubos de ensaio com o fim de determinar as tensões de rotura do betão.

É nesta fase que se deve também proceder ao estudo da sensibilidade do betão aos diversos elementos que entram na sua composição, (12) ou aos factores que se presume irão variar durante a execução da obra, como por exemplo a influência da variação da granulometria da areia, ou do inerte grosso, a influência da supressão de algum inerte intermediário, etc.

Estes elementos poderão ser úteis depois, para o controle, ou para se terem determinadas exigências no fornecimento das matérias-primas.

Todavia, é quase sempre impossível manter constantes as granulometrias de todos os inertes e é então necessário recorrer a um controle e correcção da composição do betão como vamos ver mais adiante (§ 8).

Estes estudos devem ser feitos tanto quanto possível no estaleiro, com a instalação de betonagem. No entanto, por dificuldades óbvias, são muitas vezes feitos no laboratório, por vezes a muitas dezenas ou centenas de quilómetros de distância da instalação real.

CAPÍTULO II

CONTROLE (*) DA FABRICAÇÃO DO BETÃO

7. Factores que devem ser observados no estaleiro. — O controle do betão no estaleiro é feito realizando ensaios sobre os elementos que o constituem, e aproveitando os resultados desses ensaios para actuar na sua composição.

Como complemento deste controle pode fazer-se a determinação da qualidade do betão, para o que se fazem ensaios sobre o betão já amassado e pronto para ser aplicado.

O controle da fabricação do betão é, evidentemente, a operação mais importante na sua confecção pois é ele que permite obter um material com umas dadas características, que são a princípio impostas, e mantê-las tanto quanto possível constantes durante toda a fabricação.

A determinação sistemática das propriedades do betão fabricado permite verificar apenas as qualidades do produto, avaliando-lhe as dispersões e medindo portanto a precisão com que são mantidas tais propriedades. É um tipo de verificação a posteriori que, normalmente, não permite actuar nos parâmetros que influêm nessa qualidade.

(*) No que se vai seguir empregaremos a palavra «controle» para designar as operações que consistem na determinação de certas grandezas que são em seguida aproveitadas para actuar no fabrico do betão.

Não será designada por controle a simples determinação de grandezas, sem que estas tenham repercussão no fabrico do betão.

Pràticamente deverá usar-se o controle seguido da determinação sistemática das propriedades do betão, a qual permite determinar o grau de precisão com que é feito aquele, e medir portanto o grau de homogeneidade com que tal betão é fabricado.

Neste capítulo e no que se vai seguir vão ser tratados estes dois tipos de operações: o controle da fabricação e a medição da qualidade do produto fabricado.

O controle da fabricação tem pois por finalidade manter rigorosamente constante a composição que foi adoptada para o betão, com o auxílio de todos os meios à disposição para tal fim na instalação de betonagem e no estaleiro.

Para assegurar a constância na composição do betão é necessário que se verifiquem as seguintes condições:

a) — Constância na composição granulométrica de cada um dos inertes — donde resulta a necessidade da execução periódica de ensaios de granulometria.

b) — Constância na dosagem de cada um dos inertes — donde resulta a necessidade da aferição das medidas de volume ou de peso do sistema medidor da composição do inerte.

c) — Constância na dosagem da água — donde resulta a necessidade de manter constante a humidade dos inertes ou a necessidade da sua prévia determinação em intervalos regulares.

d) — Constância na dosagem e na qualidade do cimento.

e) — Constância de outras características, de menor importância, como a origem dos inertes, o seu peso específico, a natureza da rocha que os constitui, etc.

A medição da qualidade do betão é realizada por meio de determinações efectuadas sobre o betão amassado, tais como:

a) — Determinação da composição do betão fresco: das suas dosagens de água e de cimento, e da granulometria do inerte;

b) — Determinação da trabalhabilidade do betão, o que é muitas vezes considerado como um controle da dosagem de água do betão;

c) — Determinação de propriedades físicas do betão mediante a confecção de espécimes com amostras do betão fabricado. A propriedade mais importante que se determina nas aplicações é a tensão de rotura, como veremos, e é a partir dela que é possível definir o grau de homogeneidade do betão. Mas é certo que tal grau de homogeneidade pode determinar-se através doutras propriedades, se não interessar a tensão de rotura para a obra em questão, como por exemplo a permeabilidade, a porosidade, a densidade, etc.

8. Determinação da composição granulométrica dos inertes. — Devem fazer-se frequentes determinações da granulometria dos inertes, duas ou três por dia, nos primeiros dias de betonagem, para se averiguar da constância e do valor dessa granulometria em relação àquela que serviu para determinar a composição do betão.

Exprimindo a granulometria em módulo de finura, é geralmente aceite que o *módulo de finura de qualquer classe de inerte não deve variar mais de* $\pm$ *0,20 em torno do valor médio*, desde que a origem dos inertes se mantenha. Se as variações da granulometria forem maiores, ou se variar a origem dos inertes, é necessário recalcular o betão, isto é, fazer um novo ajustamento dos inertes à curva granulométrica.

Com o fim de se não perder muito tempo nos cálculos para o ajustamento torna-se necessário elaborar ábacos ou gráficos que simplifiquem os cálculos e as determinações, tornando fáceis e cómodas as correcções.

Quando a origem dos inertes se mantém, isto é, quando a areia é proveniente do mesmo areeiro, o godo da mesma saibreira, ou a brita da mesma instalação de britagem e da mesma rocha, então a consideração do módulo de finura, isto é, a redução da granulometria do inerte ao seu módulo de finura, é suficiente para fazer as correcções. Efectivamente, neste caso, a curva granulométrica do inerte variará segundo curvas da mesma família, isto é, estas terão todas a mesma forma, pelo que terão sempre a mesma posição relativamente à curva de referência.

Quando estas condições se verificarem, isto é, quando a origem dos inertes é mantida constante, um método muito usado no Laboratório Nacional de Engenharia Civil para proceder ao ajustamento do inerte à curva granulométrica do betão é a correcção parcial desta por meio do critério dos módulos de finura.

Suponhamos que há um material, a areia, por

exemplo, cuja granulometria é muito variável no areeiro e seja a a sua percentagem e m o seu módulo de finura, determinados no estudo prévio da granulometria do betão.

Suponhamos ainda que o inerte que se segue à areia, isto é, o mais fino do inerte grosso, apresenta a percentagem i e o módulo de finura m_1 no estudo da granulometria do betão.

A mistura destes dois inertes na composição granulométrica do betão estudada prèviamente apresenta portanto um módulo de finura

$$M = ma + m\ i. \qquad (4)$$

Se houver uma modificação nas granulometrias destes dois inertes, passando m para m' e m_1 para m_1', então, para continuar a haver o ajustamento da curva real dos inertes à curva de referência do betão, o *módulo de finura do conjunto destes dois inertes deve ser mantido igual ao prèviamente determinado* M, isto é,

$$m'a' + m_1' i' = M \qquad (5)$$

onde a' e i' são as novas proporções dos dois inertes em questão.

Mas, para que o resto da composição granulométrica do betão fique invariável, a soma das proporções destes dois inertes, p, tem de se manter na composição primitiva e na nova composição:

$$p = a + i = a' + i'. \qquad (6)$$

Obtêm-se assim duas equações (5) e (6) a duas incógnitas, a' e i', que determinam as novas proporções da areia e do inerte que se segue a esta.

Este método tem a vantagem de ser muito simples por se prestar à adopção de soluções sob a forma de tabelas, ábacos, ou qualquer outro sistema de representação gráfica, tornando as correcções fáceis e acessíveis ao pessoal encarregado da betonagem.

O mesmo raciocínio se pode adoptar para outro par de inertes.

No capítulo IV, § 19 e § 20, veremos algumas aplicações práticas deste método.

Se as variações da composição granulométrica do inerte são grandes, e se há mudanças na origem do seu fornecimento, este método não deverá ser seguido, e é necessário recorrer a um novo cálculo completo do betão. Ainda neste caso a utilização de tabelas, quadros ou ábacos convenientemente estudados para cada caso, simplificará notàvelmente tal cálculo, habilitando o pessoal subalterno a fazê-lo.

9. Determinação da humidade dos inertes. — Para a determinação da quantidade de água de amassadura é necessário proceder a uma das mais importantes operações no controle da fabricação do betão, que é a medição da humidade dos inertes.

Para que esta operação seja aproveitada eficazmente deve tomar-se a precaução de não utilizar os inertes logo que chegam ao estaleiro, ou ao silo que alimenta directamente a betoneira. Isto é particularmente importante quando os inertes são prèviamente lavados.

Após a lavagem ou a sua chegada ao estaleiro, os inertes devem permanecer em repouso no silo alimentador da betoneira num mínimo de 16 horas, a fim de bem homogeneizar a sua humidade.

Uma causa muito frequente da impossibilidade da regularização da água de amassadura está no facto de se utilizarem inertes recentemente lavados, ou extraídos recentemente dos seus locais de jazida, com humidades muito variáveis.

Para evitar este inconveniente é que se devem reter em repouso os inertes nos silos alimentadores da betoneira durante um certo tempo, impedindo a chegada de novos inertes a tal silo durante a fabricação do betão.

Se há garantia na uniformidade da humidade do inerte, por exemplo se ele estiver sempre seco, é evidente que estas recomendações perdem o seu interesse.

A determinação da humidade dos inertes no estaleiro pode fazer-se pelos seguintes processos: (17)

1) — Por secagem, em estufa ou de qualquer outro modo, como por exemplo numa chapa colocada sobre uma fonte de calor, ou por mistura com álcool seguida do seu incêndio.

2) — Por secagem por contacto com um reagente com a água, como por exemplo com o carboneto de cálcio. Uma determinada quantidade deste reagente é posta em contacto com um certo peso de inerte húmido, e a partir da medição da quantidade de acetileno desenvolvido, fàcilmente se determina a humidade do inerte.

3) — Pela determinação do peso específico do inerte húmido. Conhecendo o peso específico do inerte seco, a determinação do peso específico do inerte húmido dá o volume de água existente

QUADRO III

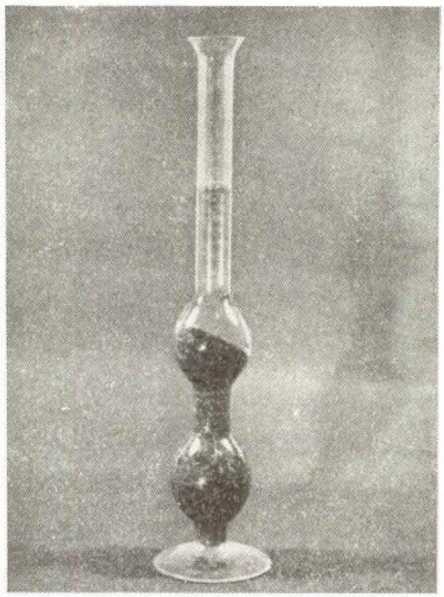
Alguns métodos para a medição da humidade dos inertes

Densímetro de Chapman [18] — Um certo peso, 500 g, de inerte húmido é introduzido dentro dum volume de água (200 cm^3). A leitura do nível da água, V, permite determinar a humidade do inerte

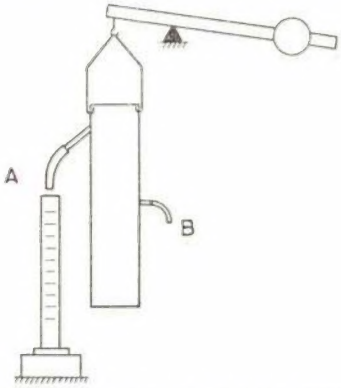
$$H = \frac{V - 200 - \frac{500}{\delta}}{200 + 500 - V} \times 100$$

onde δ é a densidade do inerte seco.

O volume do inerte húmido também pode ser determinado pelo método do picnómetro: [19] medição da diferença de peso entre um frasco cheio de água e o mesmo frasco cheio com água e com a amostra de inerte húmido.

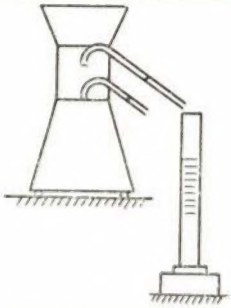


Balança romana [17] — Um depósito cilíndrico com duas goteiras A e B pende dum braço duma balança romana. Enche-se com água até à goteira inferior, B, que se fecha. Deita-se um dado peso de inerte húmido até a balança ficar em equilíbrio; a água excedente sai pela goteira superior, A, e é medida numa proveta graduada: é a humidade contida pelo peso p de inerte. O sistema foi prèviamente calibrado para a posição zero, com o peso p de inerte seco.



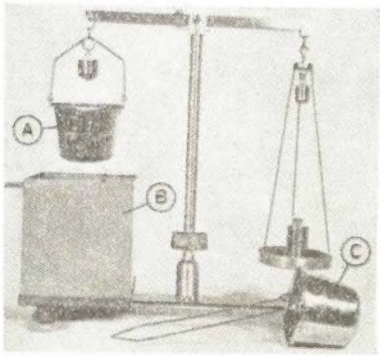
Depósito com sifões [17] — Um depósito com a forma indicada na figura possui dois sifões no gargalo. Enche-se de água até ao primeiro sifão, que se fecha. Um peso p de inerte húmido é lançado dentro do frasco e bem agitado. Mede-se depois o excesso de água que sai pelo sifão superior: é a humidade do peso p de inerte.

Também há que determinar a posição zero do sistema fazendo o ensaio com inerte seco.



Método de impulsão [20] — Neste método o peso da amostra é ajustado de acordo com o peso específico, de modo que a amostra seca quando imersa tem um peso bem determinado (500 g). Quando se pesa a amostra húmida, este peso fica desequilibrado duma quantidade que é devida à humidade.

A balança indicada na figura está preparada de modo que quando o cesto comprido, C, pende do braço da balança e mergulha na água contida no reservatório, B, o sistema está desequilibrado de exactamente 500 g, sendo o braço contrário que tem o prato mais pesado. Coloca-se um peso de 500 g neste prato. Pesa-se então no cesto mais pequeno, A, e fora da água, uma amostra de areia húmida com um peso tal que, se estivesse seca e dentro de água, deveria pesar 500 g. Em seguida pesa-se esta amostra húmida dentro de água no cesto maior, C, e a humidade desta amostra é dada pela leitura das divisões ocupadas pelo cavaleiro que se desloca no braço da balança.



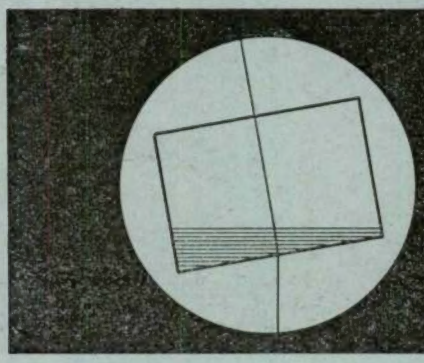
Para os inertes vulgares, de peso específico 2,60, o peso do inerte que se toma é de 800 g.

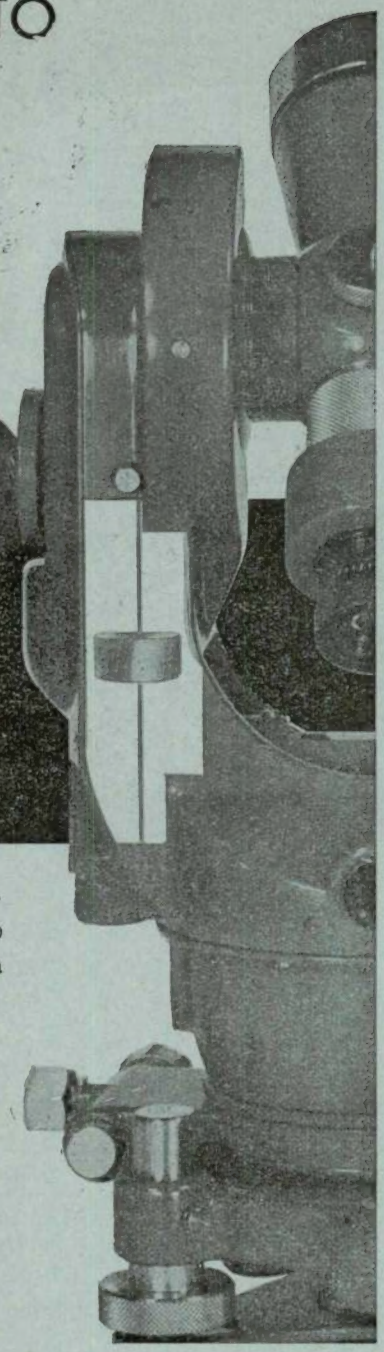
O NOVO TEODOLITO

Wild T 1-A

com calagem
zenital automática

O teodolito com os aperfeiçoamentos mais modernos, permitindo medições mais fáceis, rápidas e mais exactas





Automatismo duma concepção surpreendentemente simples: Prisma com líquido sem partes mecânicas, sem desgaste, sem desarranjos sem reparações.

Detalhes no prospecto Th 154

WILD
HEERBRUGG

Solicitem catálogo ou demonstração ao representante exclusivo:

WILD PORTUGAL, L.DA

LISBOA — PRAÇA DAS ÁGUAS LIVRES, 8, S/L 6 — Tel. 68 1127

O MODELO APROPRIADO PARA O DIRIGENTE

Dia após dia, visitas, conferências, conversações e outros compromissos comerciais verificam-se incessantemente

Disposições e decisões importantes são tomadas.

Todos os minutos são úteis. Ainda que muitas coisas de menor importância lhe sejam dirigidas, não se livrará delas, nem a sua secretária poderá evitar-lhas, se não puzer ao seu alcance os meios que lhe facilitem a tarefa de cada dia. Uma instalação de telefones "Siemens" simplifica o movimento da sua organização dando possibilidades à sua secretária de fazer atender por outros, chamadas que não requeiram directamente a sua atenção, só lhe reservando os assuntos mais importantes. As instalações "Siemens" nomeadamente as de Director-Secretária abonam e oferecem ainda muitas outras vantagens.

Para informações e orçamentos sem compromisso

SIEMENS COMPANHIA DE ELECTRICIDADE, S.A.R.L.

LISBOA PORTO

Representantes de:

SIEMENS & HALSKE AKTIENGESELLSCHAFT

BERLIM — MÜNCHEN

num dado peso de inerte. É neste princípio que se baseiam os conhecidos frascos de Chapman [18] e de Bendel, ou os métodos de impulsão que são aplicados com diversas vantagens e que têm sido estudados por ingleses e americanos. [17] [19] [20]

4) — Pela variação da densidade dum soluto com a sua concentração. Um soluto concentrado e de densidade bem conhecida, por exemplo de cloreto de cálcio, é posto em contacto com um determinado peso do inerte húmido; a nova densidade do soluto é medida, por exemplo, com um areómetro, e uma tabela permite relacionar ràpidamente a densidade com a humidade do inerte. [21] Neste método de diluição também se pode medir, em vez da variação do peso específico do soluto, a variação da sua cor, do seu índice de refracção, etc.

5) — Pela variação da resistência eléctrica com a humidade. [22]

Os métodos de determinação da humidade dos inertes devem ser precisos e rápidos, e devem ser suficientemente simples e robustos para serem operados pelo pessoal encarregado da betonagem.

Os métodos de diluição e eléctricos não são por isso recomendáveis, e os melhores são os de secagem e os de densidade. No entanto, os métodos de variação da resistência eléctrica com a humidade são muito usados nos E. U. A., em instalações fixas de betonagem, como nos estaleiros das barragens e nos estaleiros de preparação do betão para venda ao público.

O quadro III mostra alguns dispositivos, baseados na determinação do peso específico, que permitem fazer a medição da humidade dos inertes.

Dentre os métodos referidos nas alíneas 1) 2) e 3), os mais precisos são os de secagem do inerte por aquecimento e os de medição do peso específico por impulsão; a precisão, expressa no desvio quadrático médio, ou desvio padrão, é de $\pm$ 0,4 %. Sob o ponto de vista de rapidez, os primeiros podem levar de 3 a 8 minutos, conforme o grau de humidade do inerte, e os de medição do peso específico por impulsão podem levar de 3 a 5 minutos. [17]

Os métodos menos precisos são os de secagem com gás (que demora apenas cerca de 2 a 3 minutos) e o do picnómetro (frasco de Chapman) que pode chegar a levar o mais longo tempo — cerca de 12 minutos. A precisão deste último é de cerca de $\pm$ 0,9 %, expressa no desvio padrão.

Como a água de amassadura deve ser medida com uma precisão de $\pm$ 1 % (§ 10), para que o erro introduzido pelo teor de humidade do inerte seja desprezível em face deste, é necessário que, no seu conjunto, a humidade do inerte seja determinada com um erro que é, em percentagem, da ordem de um décimo do quociente entre a água introduzida na betoneira e a água introduzida pelo inerte.

No estaleiro deve dispor-se duma tabela organizada para o volume da amassadura de modo a fornecer imediatamente o volume da água a introduzir na betoneira, em função das humidades dos inertes.

10. Medição da água de amassadura. — Segundo recomendações em vigor nos Estados Unidos da América para a execução do betão, *os dispositivos da betoneira para a medição da água de amassadura devem ter uma precisão de $\pm$ 1 %.* [23] Isto significa que ao fazer uma amassadura de 100 l dum betão com uma dosagem de água de 150 l m^{-3}, a água deve ser medida com uma precisão de $\pm$ 0,15 l.

Infelizmente nem todos os dispositivos satisfazem a esta prescrição.

Os recipientes compridos e largos, nos quais pequenas oscilações do nível de água correspondem a grandes variações da quantidade total, devem ser muito bem aferidos, ou, inclusivamente, substituídos se não satisfizerem a estas condições de precisão.

Os tanques devem ser munidos dum tubo de vidro e duma escala graduada de modo a permitirem uma leitura directa da quantidade de água usada. A maior parte dos tanques tem graduações que nada significam, e, o que é pior, que nem sequer dão valores reprodutíveis.

Os métodos de medição actualmente usados, com contadores interpostos no circuito da alimentação de água da betoneira, são os mais sensíveis, robustos e precisos.

11. Medição dos inertes.

11.1. Medição dos inertes em peso. — A pesagem dos inertes é hoje largamente usada em todos os estaleiros. Embora antigamente só nos estaleiros de certa importância se usasse, actualmente a

sua adopção está muito mais generalizada. É, efectivamente, por este meio, que se consegue a maior precisão que hoje se pode atingir na fabricação do betão.

É importante fazer uma calibragem dos dispositivos de pesagem em intervalos regulares, digamos, uma vez por semana, pois podem ocorrer grandes discrepâncias à medida que o tempo passa, sobretudo se a instalação não é conservada convenientemente limpa. (24)

A pesagem pode ser independente para cada fracção de inerte, ou ser cumulativa, pesando seguidamente cada uma destas fracções no mesmo recipiente.

É preciso também, ao proceder à descarga para a betoneira, assegurar-se de que todo o inerte saiu do dispositivo de pesagem e entrou naquela.

Como a composição do betão é calculada com os inertes secos, ao estabelecer o peso de cada inerte, e ao marcá-lo no dispositivo de pesagem é *necessário ter a sua humidade em linha de conta, e marcar o peso do inerte seco mais o da sua humidade.*

A tolerância no dispositivo de pesagem é de $\pm$ 0,4 %, e por isso é bom dispor de, pelo menos, 10 pesos aferidos, de 20 kg cada.

No caso de dispositivos equipados com alimentadores automáticos e de dispositivos de corte também automáticos, é necessário fazer duas calibragens. A primeira é feita com os pesos; é uma aferição estática. A outra diz respeito ao dispositivo de corte, que deve ser ensaiado durante a operação de enchimento: é a diferença entre a indicação marcada na balança e o peso do inerte que verdadeiramente fica dentro do depósito.

A precisão com que se deve medir o peso do inerte é de $\pm$ 2 %. (23) Isto significa que ao fazer uma amassadura de 100 l dum betão de 300 kg de cimento por metro cúbico, com 4 inertes, entrando todos, por exemplo, com o mesmo peso, cada um destes deve ser pesado com uma precisão de cerca de $\pm$ 1 kg.

11.2. Medição dos inertes em volume. — Este método de medição deve ser tanto quanto possível evitado, embora nos pequenos estaleiros seja ainda hoje correntemente utilizado.

As medidas usadas para a medição do volume do inerte devem ser profundas e estreitas, e devem obedecer às mesmas tolerâncias das de peso, isto é, *devem permitir a medição do inerte com um erro inferior a* $\pm$ 2 %.

Devem estar em boas condições de conservação e serem fàcilmente ajustáveis a pequenas variações de volume; devem ser acessíveis para inspecção e observação do seu estado e devem permitir uma descarga completa.

Neste caso é indispensável proceder à *determinação da baridade dos inertes* de modo a calcular-se o peso exacto do material contido em cada medida.

Sendo p o peso dum dado inerte por amassadura, e B a sua baridade, tal como se vai usar na amassadura, o volume do inerte a introduzir é

$$V = \frac{p\,(1 + H)}{B} \qquad (7)$$

onde H é a humidade do inerte referida ao peso seco.

No *caso da areia* não é demais insistir sobre *a necessidade de fazer várias determinações diárias da baridade,* se a sua humidade variar, pois é bem conhecida a extraordinária influência da humidade da areia na sua baridade. (12)

12. Medição do cimento. — Sobre esta medição pouco diremos pois ela deve ser sempre feita em peso, por meio dos sacos de 50 kg ou por meio de dispositivos de pesagem idênticos aos do nerte, se o cimento é recebido a granel no estaleiro.

A precisão com que deve ser feita a sua medição é, contudo, maior do que a dos inertes, pois deve ser de $\pm$ 1 %.

Tudo o que foi dito no § 11.1 sobre as tolerâncias e calibragem dos dispositivos de pesagem é aqui aplicável.

QUADRO IV

Precisão com que devem ser medidos os componentes do betão fabricado em estaleiro

Granulometria — intervalo máximo de variação do módulo de finura	$\pm$ 0,20
Humidade do inerte	$\pm$ 0,05
Água de amassadura	$\pm$ 0,01
Peso do inerte	$\pm$ 0,02
Peso do cimento	$\pm$ 0,01

Resumindo o que tem sido dito sobre as precisões das determinações que têm vindo a ser descritas, no quadro IV está indicada a lista de tais precisões. (23)

CAPÍTULO III

DETERMINAÇÃO DO GRAU DE HOMOGENEIDADE DO BETÃO

13. Análise da composição do betão fresco. — É óbvio o enorme interesse que apresenta a determinação da composição do betão fresco, isto é, antes do seu endurecimento, sobretudo nos casos em que se não exerce um controle na fabricação do betão. Mas mesmo quando tal controle existe, ou quando se pretenda estudar a acção de certos parâmetros sobre a qualidade do betão, como por exemplo a eficiência da mistura feita numa dada betoneira, a segregação do betão devida ao transporte, etc., a análise do betão fresco presta também um valiosíssimo auxílio.

Por meio desta análise determina-se a dosagem de cimento, a dosagem de água e a dosagem e composição granulométrica do inerte.

Por outro lado, quando a determinação da qualidade do betão se faz por meio da medição das tensões de rotura, como veremos no § 15, é necessário esperar um certo tempo, normalmente 1 semana ou 1 mês, para se ficar com o conhecimento da qualidade do betão. Então fica-se sabendo que num dado dia do mês anterior ou da semana transacta, o betão fabricado e aplicado na estrutura possui determinadas características. Na altura em que se tem este conhecimento é quase sempre certo que a obra já teria progredido o bastante para não ser, nem económico, nem oportuno, tomar medidas para não utilizar tal betão.

Por este facto se tem tentado fazer a determinação da qualidade do betão por métodos que permitam tomar uma decisão tanto quanto possível imediata sobre a aplicabilidade dum dado betão para determinado fim.

A análise do betão fresco, e a medição da trabalhabilidade do betão no estaleiro (§ 14) são métodos que têm esta finalidade.

13.1. Método de ensaio. — O método mais antigo para esta análise foi proposto por Dunagan (25) há quase 30 anos, e tem sido objecto de muitas críticas e de inúmeros aperfeiçoamentos. (26) (27) (28) (29)

O método, já mais ou menos modificado, e tal como tem sido aplicado por nós, consiste no seguinte:

a) — Toma-se uma porção de 10 kg ou 20 kg de betão que é pesado rigorosamente, primeiro no ar, e depois dentro de água.

A partir desta determinação calcula-se o peso específico do betão fresco.

b) — Em seguida lava-se o betão através dum peneiro de malha fina, com uma abertura igual à da ordem de grandeza da máxima dimensão do grão de cimento, como por exemplo o peneiro n.º 100 da ASTM (0,15 mm de abertura).

A diferença de peso entre o material original e o material depois de lavado através deste peneiro dá a quantidade de cimento existente na amostra.

Mas deve notar-se que através deste peneiro passa algum inerte: os materiais muito finos da brita ou do godo, e da areia. Por isso é necessário, ao retirar a amostra do betão, colher simultâneamente uma amostra de inerte, para se determinar a quantidade de pó que passa através do mesmo peneiro, e corrigir assim a determinação da quantidade de cimento.

c) — Dispondo-se do inerte lavado e separado do cimento, seca-se e sujeita-se a uma análise granulométrica.

d) — O conhecimento dos pesos específicos do cimento, do inerte e do betão permite calcular a dosagem do cimento e do inerte por metro cúbico.

e) — Simultâneamente com a colheita da primeira amostra de betão deve colher-se uma segunda, também de grandes proporções, 10 kg ou 20 kg, que é pesada rigorosamente no ar, e depois seca, em estufa ou em qualquer outro meio de aquecimento. A diferença de peso antes e depois de seca dá a quantidade de água na amostra de betão. O conhecimento do peso específico deste (alínea *a*) permite determinar a dosagem de água por metro cúbico.

Se a secagem do betão se faz em estufa, demorará muito mais tempo e é bom então impedir a presa do cimento, juntando-lhe qualquer retardador — como por exemplo 4 % a 5 % de sacarose em relação ao peso do cimento contido na amostra — e impedindo assim a combinação dalguma água com o cimento.

Se a secagem se faz ràpidamente, em alguns minutos, não há necessidade de tal precaução.

As principais críticas que se fazem a este método são as seguintes: a medição do peso específico é sempre difícil de fazer perfeitamente, com a precisão necessária, e a operação de amassadura do betão, normalmente, provoca um aumento de elementos finos, com que não se conta na correcção da dosagem de cimento.

A aplicação deste método no Laboratório Nacional de Engenharia Civil tem-nos levado à conclusão de que ele é, efectivamente, pouco preciso, e com manipulações fastidiosas; um operário bem treinado pode chegar a levar cerca de 2 a 3 horas para realizar todas as manipulações.

Por outro lado o método conduz quase sempre a uma quantidade de cimento por defeito de cerca de 5 %. O erro acidental de uma determinação é de $\pm$ 3 % (expresso no coeficiente de variação), o que, para um betão de 300 kg m^{-3} dá cerca de $\pm$ 9 kg de erro acidental, erro que se pode considerar grande.

O método pode, provàvelmente, ser melhorado, tomando em conta as sujestões da Comissão C-12 da American Society for Testing Materials. (27) (28) (29)

Segundo esta sujestão, a porção que passou através do peneiro fino, como por exemplo do n.º 100 da ASTM, em vez de se deitar fora, é analisada por meio de centrifugação num líquido pesado, com um peso específico superior ao do inerte e inferior ao do cimento, como por exemplo 2,80 — obtido por meio duma mistura de tetracloreto de carbono de densidade 1,59, com tetrabrometo de acetileno de densidade 2,96. Este líquido permite separar o cimento do inerte fino, determinando a dosagem do cimento com mais rigor do que por simples diferença, pois evita a correcção dos elementos finos do inerte.

14. Determinação da trabalhabilidade do betão. — Conforme foi acentuado no § 4.2, é da *manutenção da constância da dosagem de água durante a fabricação do betão, que depende principalmente a sua homogeneidade.*

Um método de controle da dosagem de água muitas vezes usado no estaleiro consiste em fazer sistemàticamente ensaios de trabalhabilidade do betão à saída da betoneira ou no local da aplicação do betão.

Pode-se definir trabalhabilidade como a propriedade física do betão que determina a quantidade de trabalho interno necessário para o compactar. Mas esta medição é não só muito difícil de fazer, mas depende também do grau de compacidade com que o betão fica na obra, o qual é variável conforme o meio de que se dispõe para o fazer.

Sendo então a trabalhabilidade uma propriedade bastante mal definida e não havendo um método geral para a sua medição, ela pode contudo ser objecto duma definição e medição satisfatórias desde que todas as características do betão se mantenham constantes, menos uma — por exemplo a dosagem de água. Quer dizer, os diferentes métodos de medição da trabalhabilidade não dão resultados concordantes e comparáveis entre si quando se mudam simultâneamente várias características do betão: natureza e granulometria do inerte, dosagens e natureza do cimento, etc. Mas os resultados são satisfatórios quando, conservando um dado betão, se lhe varia apenas um parâmetro, como por exemplo a dosagem de água.

Portanto, a medição sistemática da trabalhabilidade dum betão fabricado num dado estaleiro pode fornecer uma indicação sobre a variação da dosagem de água do betão.

Existem mais de três ou quatro dezenas de métodos para medir a trabalhabilidade (30) (31) dos quais se referem, no quadro V, alguns dos mais conhecidos e que maior êxito têm tido. Cada um destes métodos tem o seu próprio campo de aplicação, como se vê, conforme a natureza do betão.

Na fig. 8 estão indicadas curvas de variação da trabalhabilidade, medida por diferentes métodos, com a quantidade de água de amassadura de betões de 300 kg de cimento por metro cúbico.

Estas curvas foram extraídas de diferentes obras, (30) (32) (33) de modo que os betões não são iguais, e não se deve procurar estabelecer uma relação entre os diferentes métodos. A água de amassadura é dada em percentagem da água óptima, que conduz ao máximo de resistência. As ordenadas estão escolhidas de tal modo que a escala está proporcionada com o erro da determinação.

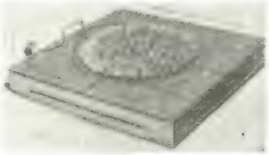
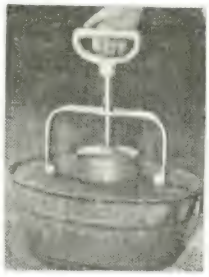
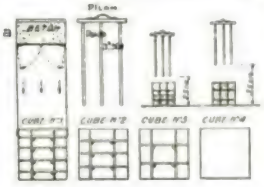
No caso do cone de Abrams e da mesa de espalhamento este erro pode cifrar-se em $\pm$ 5 mm, dada a dispersão própria destes métodos (32), e no caso dos métodos que envolvem duas pesagens (Faury e factor de compacidade) supôs-se que estas eram realizadas com uma precisão de cerca

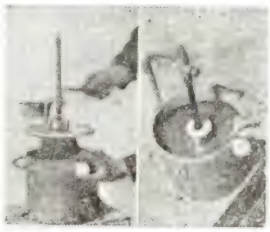
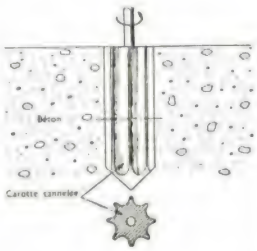
de $\pm$ 1 %. No caso do método Vêbê supôs-se que o erro de uma determinação é de $\pm$ 1º Vêbê.

Como se vê, alguns destes métodos são grosseiros, pois não permitem detectar pequenas variações na água de amassadura, como por exemplo o abaixamento do cone de Abrams, que é ineficaz quando o betão possui as quantidades de água estritamente necessárias para o colocar em obra

QUADRO V

Ensaios de trabalhabilidade

Ensaio	Propriedades	
Abaixamento do cone de Abrams	Apenas permite detectar excessos de água, pois não tem sensibilidade nas dosagens de água normalmente usadas para o betão armado. É pois inaplicável para os betões secos e pouco ou medianamente plásticos. Permite detectar a falta de areia nos betões pobres.	
Mesa de espalhamento americana ou alemã	Utilizável para betões brandos e fluidos, mas é ainda quase tão sensível ao excesso de água como o ensaio do cone de Abrams. É também um método pouco satisfatório.	
Ensaios de penetração (ensaio alemão), da bola de Kelly (americano) ou do docilímetro (espanhol)	Utilizável para betões muito duros e consistentes, ricos de cimento e de areia. Permite o ensaio em obra.	
Factor de compacidade (ensaio inglês)	É sensível à quantidade de água dum dado betão, mas não permite uma distinção perfeita entre betões.	
Plasticímetro Faury	Mede a aptidão para a moldagem do betão sujeito a efeitos de parede importantes. Determina-se a relação entre dois pesos específicos.	

Ensaio Vêbê	Aplica-se bem a betões com uma fraca quantidade de água, secos, e destinados a serem vibrados. Serve perfeitamente para detectar quantidades de água e dosagens de areia insuficientes.	
Rigidímetro (Lab. Bat. Trav. Pub.)	Mede o atrito interno do betão, isto é, a resistência ao corte. Medição do binário necessário para efectuar o corte do betão. Mede a rigidez de todos os betões; uma rigidez elevada indica betões difíceis de colocar em obra (falta de cimento ou de areia) e uma rigidez baixa indica excesso de água.	

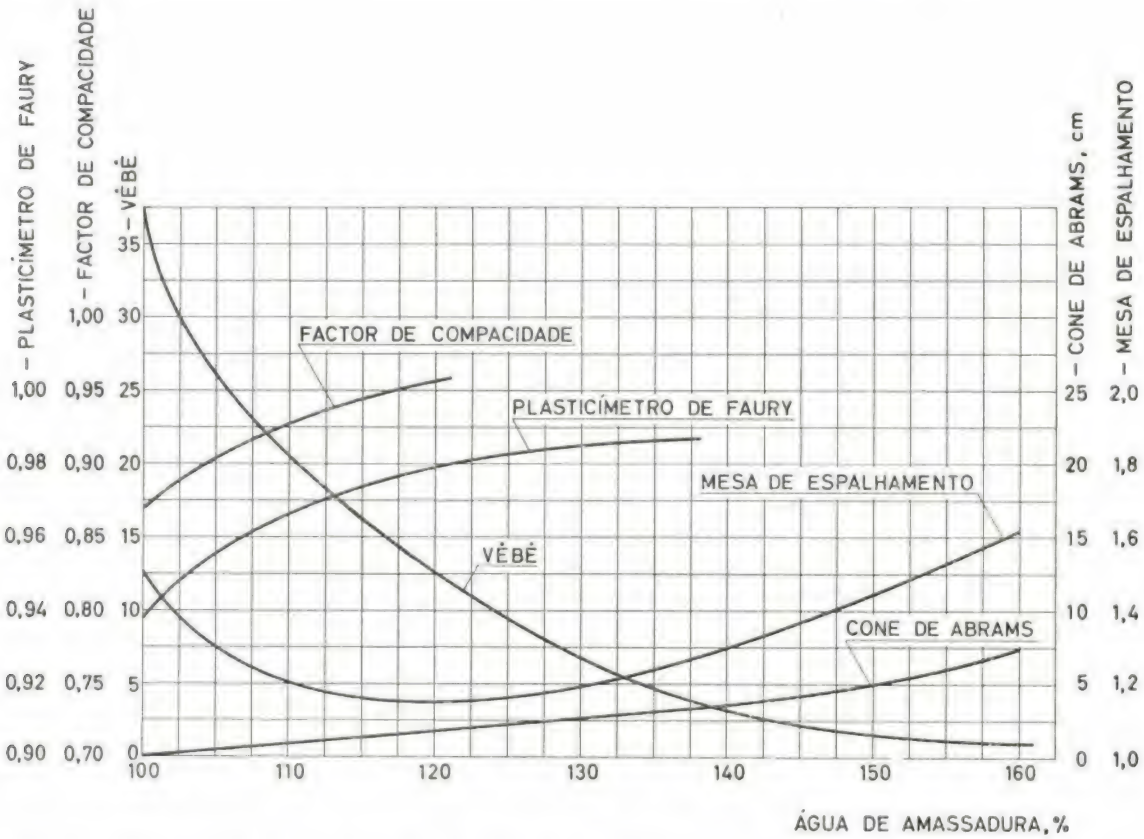


Fig. 8 — Sensibilidade dalguns métodos de medição da trabalhabilidade à dosagem de água de amassadura.

por vibração. (32) Por exemplo, um betão de 300 kg de cimento por metro cúbico com 150 litros de água pode sofrer um aumento de 15 litros na água de amassadura sem que o abaixamento do cone varie mais de 5 mm. Para quantidades de água acima desta os abaixamentos já começam a ser mais sensíveis — cerca de 5 mm por 10 litros de água. Sendo de cerca de 5 mm

o erro desta medição, uma tal sensibilidade tira todo o interesse ao controle da água por este método. O mesmo se diz do método da mesa de espalhamento.

Um dos métodos mais convenientes é o Vêbê pois permite determinar a variação da quantidade de água com maior precisão, porque é exactamente na zona em que o betão apresenta as suas maiores resistências, e na zona em que estas são mais sensíveis à quantidade de água, que tal método possui a sua máxima sensibilidade. A variação de 1° Vêbê corresponde a uma variação na água de 1 %, e, como vimos no § 10 é esta a precisão com que se deve medir a dosagem de água.

No caso de betões muito fluidos, com quantidades de água superiores a 40 % da quantidade de água óptima, então são mais convenientes os outros métodos, de Abrams ou da mesa de espalhamento.

15. Determinação da qualidade do betão a partir da medição das tensões de rotura. — — As tensões de rotura do betão, tanto de compressão como de flexão, são das mais importantes propriedades deste material. À sua determinação tem sido dispensada uma atenção particular desde as primeiras aplicações do betão, possuindo-se já uma longa experiência deste ensaio.

A tensão de rotura é, não só uma medida da qualidade do betão destinado a uma dada estrutura à qual se exija simplesmente resistência às forças exteriores, mas também uma medida das outras propriedades do betão.

De facto, sabe-se que, em geral, os factores que determinam a resistência à compressão ou à flexão, determinam também as outras qualidades do betão: permeabilidade, porosidade, fluência, contracção, resistência à fissuração, resistência às acções agressivas, etc., pois todas estas propriedades dependem em maior ou menor grau da compacidade, da concentração e do grau de hidratação do cimento na pasta que constitui o elemento de aglutinação do inerte.

Os ensaios para a determinação das tensões de rotura, em geral de compressão, são portanto pràticamente realizados quer no caso do betão se destinar a funções resistentes, quer no caso de se destinar a obras com outras funções, como por exemplo, a obras hidráulicas. Claro que nestas obras seria desejável proceder sistemàticamente aos ensaios que no caso concreto da estrutura, interessassem directamente, como a ensaios de permeabilidade, de porosidade, de fluência, etc. Mas, dada a dificuldade de fazer, no estaleiro, e até mesmo em laboratório, determinações sistemáticas destas propriedades, pràticamente reduz-se tudo ao ensaio de resistência, isto é, à determinação da tensão de rotura.

Quando o betão se destina ao betão armado, é pràticamente quase sempre a partir dos ensaios de rotura por compressão que se mede o seu grau de homogeneidade. Quando se destina ao betão simples, ou quando interessa particularmente a resistência do betão à flexão, pode determinar-se o grau de homogeneidade a partir dos ensaios de flexão.

Embora no § 17 se discutam os critérios de medição da homogeneidade do betão sob o ponto de vista de ensaios de compressão, as observações realizadas por nós em diferentes estaleiros, por exemplo no do Metropolitano de Lisboa (§ 20) levam-nos à conclusão que tal grau tanto se pode medir em compressão como em flexão.

É então de interesse fundamental que no estudo prévio da composição do betão para um determinado fim se tenha em vista um certo valor da propriedade que é chamada a intervir na função que o betão vai desempenhar na estrutura. Depois de determinada a composição estabelece-se a relação entre esta propriedade e a resistência. Ao fabricar o betão pode portanto tomar-se a resistência como aferidora daquela propriedade.

Se a resistência variar muito, ou pouco, isso é indício de que a propriedade que interessa também variará muito ou pouco, e certos ensaios nos pontos limites podem determinar de quanto é essa variação.

Se um betão se apresentar com um certo grau de homogeneidade sob o aspecto de resistência, segundo uma classificação que vai ser apresentada mais adiante (§ 17.3, quadro VII), tudo leva a crer que *sob o ponto de vista de uma outra propriedade também o betão terá o mesmo grau de homogeneidade.*

Por este facto analisar-se-á, no que se vai seguir, como variam as tensões de rotura num dado estaleiro, com o grau de controle com que é fabricado um betão.

Antes, porém, é conveniente dizer alguma coisa sobre o modo e frequência da colheita das amostras para ensaio.

16. Colheita de amostras e sua frequência. — Para a determinação da qualidade do betão é necessário retirar amostras para ensaiar. Tais amostras devem ser retiradas, ou à saída da betoneira, ou durante a descarga dos veículos de transporte, ou ainda noutro lado qualquer, conforme as condições ou casos particulares das aplicações.

Após a colheita da amostra deve-se moldar imediatamente o espécime e colocá-lo moldado ao abrigo das intempéries, conservando-o de preferência em ambiente de elevado grau de humidade. Após 24 horas deverá ser desmoldado e conservado em local húmido ou dentro de água até à data do ensaio.

Quanto à frequência dos ensaios é difícil enumerar regras precisas, pois tal frequência depende muito das condições de betonagem e do partido que se pretende tirar da medição da qualidade do betão.

Se se pretender, logo no início dos trabalhos, definir o melhor possível a dispersão própria do estaleiro, convirá fazer bastantes colheitas, de modo a poder reunir algumas dezenas de ensaios nas primeiras semanas de trabalho. Depois poder-se-á ir diminuindo a frequência, e alterá-la quando se suspeitam variações importantes no estaleiro.

Uma boa frequência de ensaios é de 1 espécime por cada 10 m^3 a 20 m^3 de betão fabricado. (34)

No caso de grandes estaleiros que fabriquem grandes volumes de betão por dia, da ordem de 100 m^3 ou mais, é evidente que uma tal frequência é exagerada pois conduziria a um número extremamente grande de espécimes. Então é preferível seguir um outro critério, como extrair 3 a 6 espécimes por dia de betonagem, retirando, por exemplo, um espécime por 50, 100 ou mais metros cúbicos. (34) (35)

Como já foi acentuado numa publicação anterior, (12) a extracção de um espécime por amassadura é suficiente; isto é, os 3 a 6 espécimes diários deverão ser colhidos de amassaduras diferentes, para se ter uma medida mais real da qualidade do betão fabricado. Efectivamente, tem sempre muito pouco interesse caracterizar uma só amassadura por muitos espécimes, quando interessa mais obter um grande número de ensaios ao longo do tempo que dura a fabricação do betão.

Nos exemplos que são dados no capítulo IV, os espécimes foram todos retirados de amassaduras diferentes, excepto no caso das obras da ponte da Arrábida (§ 18) em que se extrairam 3 cubos por amassadura.

17. Variação das tensões de rotura do betão no estaleiro.

17.1. A normalidade da distribuição das tensões de rotura do betão. — A experiência prova que a *qualidade dum dado betão fabricado num dado estaleiro em regime de produção contínua*, sempre com inertes da mesma origem, adoptando métodos de dosagem e fabricação constantes, etc., (isto é, supondo que se eliminam na fabricação todos os factores conhecidos que influem na qualidade do betão) *varia segundo uma lei de distribuição normal.*

Uma tal variação das tensões de rotura do betão pode ser provada a partir dalgumas observações de resultados obtidos no Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Efectivamente, foram analisados os resultados de ensaios de cubos de betão feitos em diferentes estaleiros de obras marítimas (cerca de 10), com diferentes dosagens e com diferentes idades, que perfizeram cerca de 75 séries de 20 a 200 cubos cada.

Foram calculados os valores médios de cada série, respeitantes a um dado estaleiro e a um dado parâmetro (isto é, a uma dada dosagem, a uma dada idade, etc.); em seguida foram calculados os desvios padrão de cada série. Depois contou-se, dentro de cada série, o número de desvios que eram, em valor absoluto, superiores: ao desvio padrão, a 1,5 vezes o desvio padrão, a 2 vezes o desvio padrão e a 3 vezes este desvio.

Assim se fez a análise de 4786 ensaios. Os resultados obtidos estão indicados no quadro VI. Na última coluna deste quadro estão indicadas as frequências que teòricamente, a partir da curva normal, seria de esperar. Como se vê, a concordância é surpreendentemente boa.

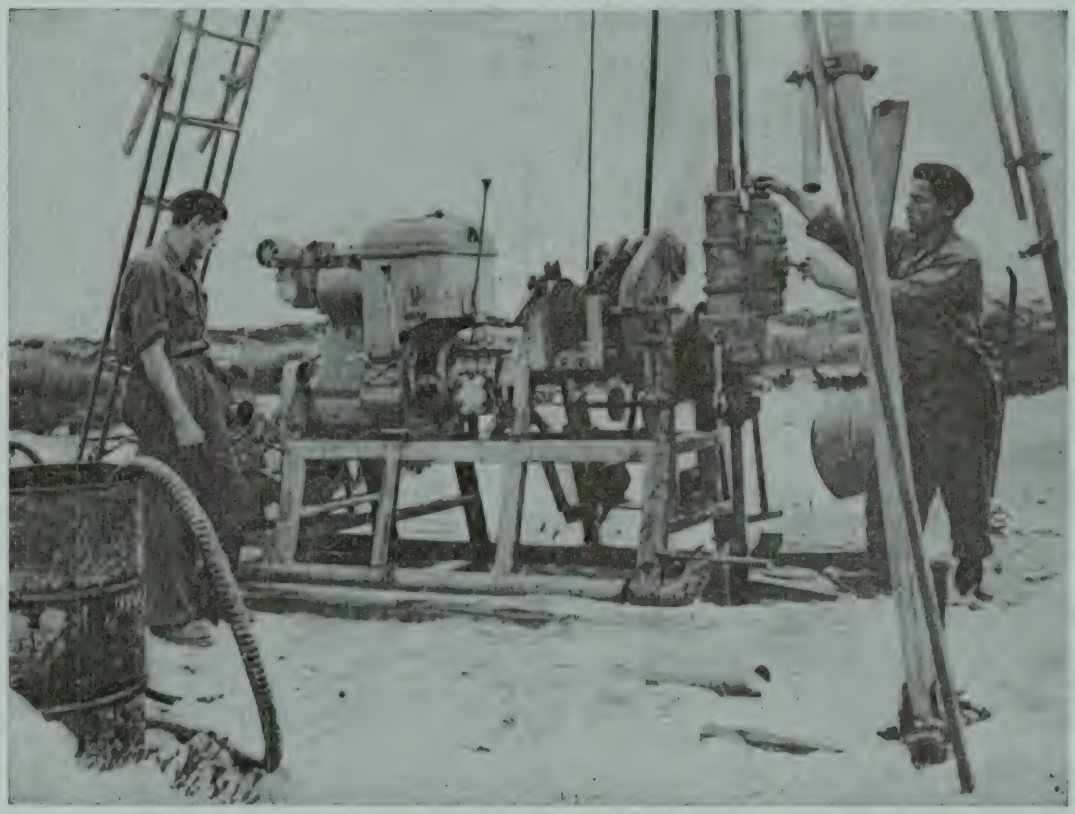
Os ensaios de ajustamento de pequenas séries de valores, com algumas dezenas de resultados, à lei normal de Laplace-Gauss, por qualquer dos conhecidos métodos usados em estatística, também conduzem à conclusão que tais séries têm sempre altas probabilidades de pertencerem a uma população normal.

Estas séries de resultados deverão estar, evidentemente, completamente expurgadas de causas detectáveis ou assinaláveis de variação.

O mesmo se observa também quanto aos factores que influem na qualidade.

CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, L.DA

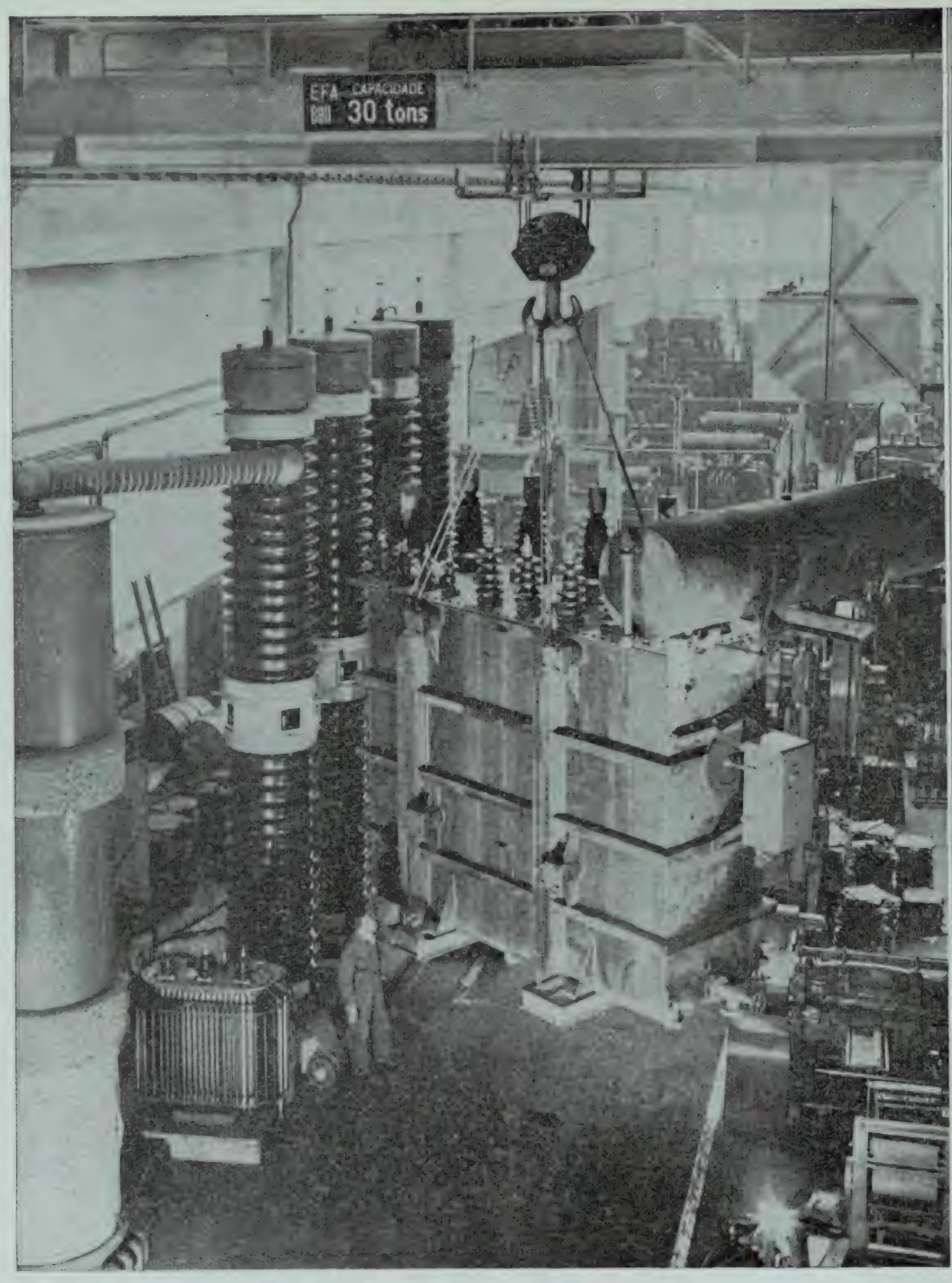
SECÇÃO DE PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA



Sonda rápida, com coroa de diamantes, empregada no estudo de pedreiras para a Direcção-Geral dos Serviços Hidráulicos

SEDE: PRAÇA DO MUNICÍPIO, 13-3.º — LISBOA

TELEFS. 2 23 44, 2 78 09 E 36 60 51/2



EFACEC

Vista do interior de uma das Fábricas "EFACEC"
(Arroteia — S. Mamede de Infesta)

Distinguem-se nesta fotografia :

— Um transformador de 15 000 kVA/60 000 V (marca EFACEC) com regulação em carga, em curso de fabrico.

— Um disjuntor de 220 000 V (marca SOPREL), aguardando ensaio de rigidez.

— Nota-se também um transformador de ensaios de 600 000 V.

EFACEC

QUADRO VI

Distribuição da frequência dos desvios para a média num grande número de ensaios de rotura de betão (4786 ensaios)

Designação dos desvios	Experimental		Teórica
	Número de resultados	Frequência %	Frequência %
Número total de ensaios	4786	—	—
Número de desvios iguais e superiores ao desvio padrão .	1501	31,5	31,6
Número de desvios iguais e superiores a 1,5 vezes o desvio padrão	635	13,3	13,4
Número de desvios superiores a 2 vezes o desvio padrão .	180	3,8	4,4
Número de desvios superiores a 3 vezes o desvio padrão .	8	0,17	0,28

Efectivamente a quantidade dos constituintes — como as dosagens de cimento, de água ou dos inertes — e algumas das suas propriedades — como por exemplo a granulometria — variam também segundo uma lei de distribuição normal. (36)

A concordância dos resultados experimentais com a lei normal de distribuição nada tem de extraordinário, pois tal curva se obtém sempre que a grandeza medida é influenciada por um grande número de causas, que o efeito de cada uma delas é independente do efeito das outras e ainda sempre que tal efeito é pequeno em relação à soma de todos os efeitos.

Sendo portanto normal a distribuição das propriedades dum betão fabricado duma dada maneira, é costume tomar como medida da sua homogeneidade, o *desvio padrão* (ou desvio quadrático médio) e o *coeficiente de variação* (quociente do desvio padrão pelo valor médio da grandeza).

Conhecendo o desvio padrão duma certa população e sabendo que ela se distribui normalmente, pode-se calcular a percentagem de resultados que diferem da média duma certa quantidade, tanto positivamente como negativamente, pois a frequência dos desvios positivos é igual à dos negativos.

17.2. Relação entre a tensão de rotura e o desvio padrão. — Agora pode pôr-se a seguinte questão: fazendo betões de diferentes resistências, mas usando rigorosamente os mesmos meios de controle sobre a qualidade, isto é, fabricando-os rigorosamente nas mesmas condições, o desvio padrão será igual para todos os betões?

Stanton Walker, (37) um dos primeiros a aplicar os métodos de cálculo estatístico ao controle do betão supõe que o desvio padrão deve ser tanto maior quanto maior for a tensão de rotura, de tal modo que o quociente entre o desvio padrão e o valor médio (coeficiente de variação) *é constante para um dado tipo de fabricação* de betão, e para uma dada idade.

Esta hipótese, embora não concorde bem com os resultados experimentais, como vamos ver a seguir, pode, contudo, ser aplicada com uma razoável segurança, e é sobre ela que repousa a classificação do grau de homogeneidade do betão em função da precisão com que é fabricado.

Efectivamente, não há ainda resultados experimentais em número suficiente para confirmar esta hipótese. Recentemente, Neville (38) publicou um trabalho importante sobre a relação entre o desvio padrão e a tensão de rotura média do betão, referente a betões fabricados em laboratório, mas os seus resultados, em muitos dos aspectos, não concordam com os nossos, obtidos em estaleiro.

O trabalho de Neville contém três importantes afirmações, resultantes das suas experiências; a primeira é a de que a dosagem de cimento não tem efeito sensível sobre a grandeza do coeficiente de variação de betões fabricados rigorosamente nas mesmas condições. A segunda é a de que a trabalhabilidade também não tem influência sobre a grandeza do coeficiente de variação, desde que aquela seja suficiente para levar o betão à compacidade necessária; mas se a trabalhabilidade é pequena, o betão dificilmente é compactado e então o coeficiente de variação aumenta. E a terceira é a de que o coeficiente de variação do betão fabricado em dadas condições é independente da idade.

Ora a nossa observação, realizada através de ensaios de betões fabricados num dado estaleiro,

com a mesma precisão, portanto, mas com níveis de resistência diferentes, prova que tanto o *desvio padrão* como o *coeficiente de variação são função da idade e da tensão de rotura média.*

O desvio padrão aumenta com a idade, mas o *coeficiente de variação diminui com a idade:* tal diminuição pode ir até 30 % dos 3 para os 7 dias e até 20 % dos 7 para os 28 dias.

Quando a idade e o grau de controle do betão são constantes, o desvio padrão e o coeficiente de variação diminuem ambos ligeiramente quando a tensão de rotura média aumenta. Mas tal diminuição com o aumento da resistência parece, contudo, ser de pequena importância, e, enquanto não há observações sobre esta influência pode supor-se que, *em primeira aproximação, o coeficiente de variação é independente da tensão de rotura média.*

Ao medir a precisão dum estaleiro ou o grau de homogeneidade dum betão a partir do coeficiente de variação (§ 17.3), deve-se pois ter em atenção a idade. A tabela indicada no quadro VII refere-se a resultados obtidos a 28 dias.

17.3. Influência da organização do estaleiro no coeficiente de variação. Grau de controle do betão. — Do que ficou dito nos parágrafos precedentes conclui-se portanto que, à parte a idade, o coeficiente de variação das tensões de rotura só depende do modo de fabricar o betão, isto é, da precisão com que é fabricado.

Efectivamente, é a partir do valor do coeficiente de variação que hoje se estabelecem os valores mínimos das tensões de rotura do betão e se procede à organização do estaleiro ou ao estudo do grau de controle com que deve ser fabricado, para que tais valores mínimos sejam respeitados.

No quadro VII está indicada uma tabela fundamental no controle do betão no estaleiro que dá o coeficiente de variação a esperar do betão, em função da organização deste e do tipo de controle que se exerce sobre a dosagem dos inertes e sobre a água de amassadura. Esta tabela foi elaborada por Graham e Martin, (39) (40) e publicada num importante artigo sobre o controle do betão para o aeroporto de Londres. Na última coluna está indicada a classificação do grau de homogeneidade do betão, segundo a conhecida bitola de Stanton Walker. (37) (12)

Como veremos no capítulo IV, esta tabela concorda bem com os resultados por nós obtidos na medição da qualidade do betão fabricado de acordo com os diferentes graus de controle.

17.4. Cálculo da tensão de rotura média para que se deve fabricar um betão. — Como foi dito no final da «Introdução», este modo de encarar o valor das tensões de rotura do betão exige, da parte do engenheiro que projecta, um novo ponto de vista.

Quando, ao projectar uma estrutura, se exige que o betão apresente uma certa tensão mínima de rotura, função da tensão de segurança máxima calculada nessa estrutura, e do coeficiente de segurança respectivo, tal termo «mínimo» não pode significar o mínimo absoluto, pois, sob o ponto de vista estatístico, há sempre uma possibilidade dum ensaio cair abaixo dum dado valor mínimo, por muito baixo que ele seja. Ora tornar esta probabilidade muito baixa não é económico, pois pode-se ser conduzido a tensões médias muito elevadas. A experiência do engenheiro e o seu bom senso das proporções ou da realidade, devem sobrepor-se à rígida aplicação das teorias estatísticas.

É costume, na linguagem da tecnologia do betão, referir o termo «*tensão de rotura mínima*» como *um valor a ser atingido apenas numa determinada proporção de todos os ensaios, geralmente em 5 % a 1 % do número total de ensaios.*

Como é fácil ver, sendo ρ o coeficiente de variação, em percentagem, dum betão fabricado num dado estaleiro, a tensão média σ_0 para que se deve calcular este betão, de modo que apenas uma certa percentagem de ensaios seja inferior a uma dada tensão mínima, σ_{min}, é

$$\sigma_0 = \frac{\sigma_{min}}{1 - \rho\, n\, 10^{-2}} \qquad (8)$$

onde n é um factor que depende da frequência dos ensaios que são inferiores ao valor σ_{min}.

Na fig. 9 está representada a relação entre a tensão de rotura média, σ_0, e esta tensão de rotura mínima, σ_{min}, em função do coeficiente de variação do betão, ρ, para diversos valores da frequência com que ocorrem tensões de rotura inferiores a σ_{min}.

Por exemplo, supondo que se dispõe dum estaleiro que fabrica o betão com uma precisão, expressa no coeficiente de variação, de 15 %, pretende-se determinar a tensão de rotura média

QUADRO VII

Organização do estaleiro e coeficientes de variação correspondentes

Coeficientes de variação %	Organização do estaleiro (39) (40)				Classificação do estaleiro a partir do grau de controle do betão (37)
	Tipos de inertes	Medição da água	Medição dos inertes	Fiscalização	
< 8	Betão fabricado em laboratório, com inertes secos, pesados com precisão superior a 1 %, e com água medida com precisão superior a 0,5 %.				Laboratório
9 a 10	Três tipos de inerte grosso e uma areia. Granulometrias constantes.	Correcção da humidade dos inertes.	Peso	Rígida	Excelente, aproximando-se da precisão de laboratório.
10 a 12	Idem	Idem	Volume, com medidas rigorosas e com baridades determinadas com muita frequência.	Idem	Excelente
	Dois tipos de inerte grosso e uma areia. Granulometrias constantes.	Idem	Peso	Idem	
12 a 13	Idem, mas com granulometrias mais variáveis.	Idem	Idem	Muito boa	Bom
13 a 14	Idem	Idem	Volume, com medidas rigorosas e com correcção da baridade.	Idem	
14 a 16	Um inerte grosso e uma areia	Idem	Peso	Boa	
16 a 18	Idem	Idem	Volume, com medidas rigorosas.	Razoável	Razoável
> 18	Betões fabricados em estaleiro sem controle de qualquer espécie; o fabrico do betão é deixado ao critério do pessoal.				Medíocre, até 20 % Mau, acima de 20 %

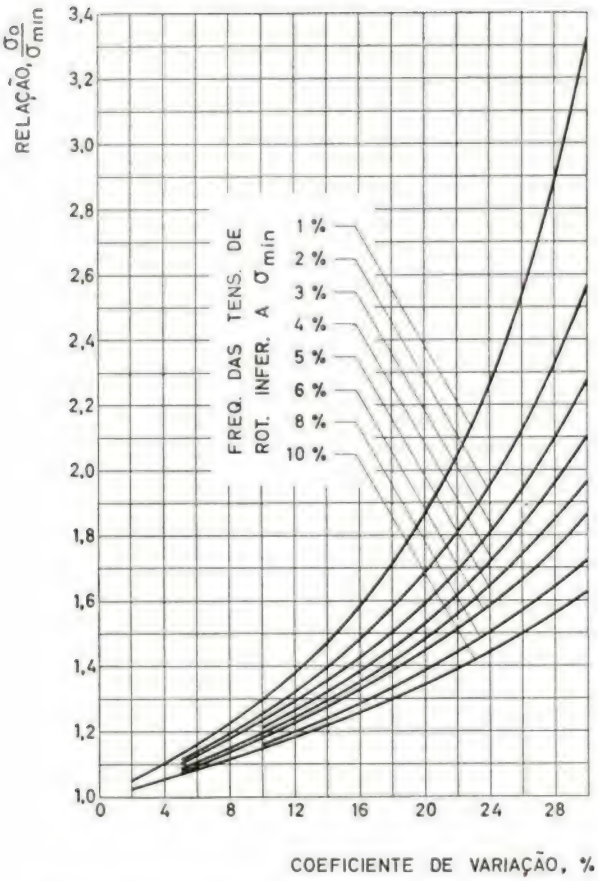


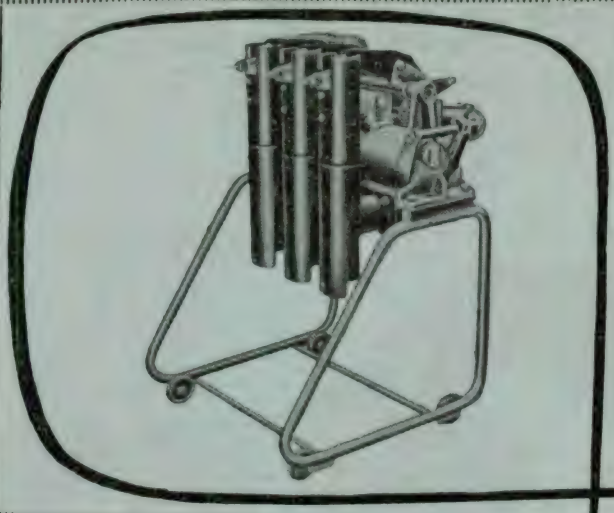
Fig. 9 — Variação da relação entre a tensão de rotura média dum betão, σ_0, e a sua tensão de rotura mínima, σ_{min}, em função do coeficiente de variação que caracteriza a qualidade desse betão, para diferentes valores da frequência com que ocorrem tensões de rotura inferiores à tensão de rotura mínima.

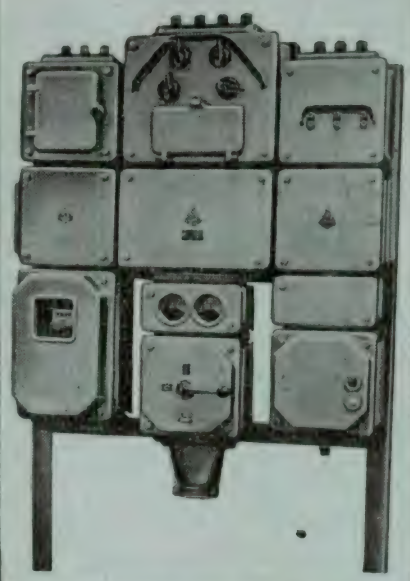
para que se deve calcular um betão que deve apresentar uma tensão de rotura mínima de 200 kg cm^{-2} a 28 dias. Deseja-se que apenas 1 % dos ensaios seja inferior a estes 200 kg cm^{-2}.

A fig. 9 indica $\frac{\sigma_0}{\sigma_{min}} = 1{,}54$ e portanto a tensão média é $\sigma_0 = 1{,}54 \times 200 = 308$ kg cm^{-2}.

Se a frequência com que ocorrem tensões de rotura inferiores a 200 kg cm^{-2} for de 5 % então a tensão média será $\sigma_0 = 1{,}33 \times 200 = 266$ kg cm^{-2}.

(Continua)





Não ficará desapontado se comprar sólidos e duradoiros artigos produzidos pela indústria electrotécnica polaca

Aparelhagem de alta tensão:

- Disjuntores de pleno e de fraco volume de óleo, de interior com comando manual e a motor.
- Seccionadores unipolares e tripolares.
- Transformadores de tensão, de tipos diversos.
- Pára-raios de resistência variável para tensão até 110 KV e para carga até 10 KA.

Aparelhagem de baixa tensão para todos os ramos da indústria:

- Disjuntores.
- Seccionadores
- Contactores, especialmente para a protecção dos motores.
- Postos de distribuição independentes, abertos ou protegidos por chapa ondulada ou aço.
- E toda a aparelhagem para engenhos de elevação e anti-deflagrantes.

Alta qualidade, preços vantajosos, entrega expressa

A pedido enviam prospectos e catálogos, os nossos representantes

SONAFOR — Sociedade Nacional de Fornecimentos Industriais, Lda.

Rua dos Fanqueiros, 15 — LISBOA — Tel. 30587/8 9/0

Exportador exclusivo

SOCIEDADE POLACA DE RESP. LIM. PARA O COMÉRCIO EXTERNO DE EQUIPAMENTO ELECTROTÉCNICO

"Elektrim"

Varsóvia 2, Czackiego 15/17, Polónia
Telegramas: ELEKTRIM-VARSÓVIA
Telefone: 6-62-71 Telex: 10415
Caixa Postal 254

TRANSFORMADORES
ENAE
LICENÇA SIEMENS-SCHUCKERT
ATÉ
1600 kVA
35 kV
DA CONCEPÇÃO AO
ENSAIO
O RIGOR E O
CUIDADO QUE FAZEM
AS OBRAS PERFEITAS
EMPRESA NACIONAL DE APARELHAGEM ELÉCTRICA — AV. 24 DE JULHO, 158 — LISBOA

C. D. U. 621.385.831

AMPLIFICAÇÃO DE SINAIS ELÉCTRICOS MUITO CURTOS. ESTUDO DA AMPLIFICAÇÃO DISTRIBUÍDA

POR JOSÉ MARIANO JERVIS PEREIRA
Eng.º Electrotécnico (I. S. T.)
Bolseiro do I. A. C. — Centro de Estudos de Electrónica da C. E. E. N.

Integrado num plano de colaboração com a Junta de Energia Nuclear, promoveu o Centro de Electrónica o estudo de unidades rápidas de coincidência com tempos de resolução de 10^{-9} seg.

Visa o presente trabalho o problema de amplificação dos sinais a fornecer a essas unidades, esperando-se ainda que venha a ter aplicação directa em novos tipos de montagens similares.

O Centro de Electrónica agradece à Junta de Energia Nuclear a cedência de 3 amplificadores distribuidos e dum voltímetro electrónico de alta frequência que tornaram possível a afinação e calibração das unidades de amplificação construídas.

1 — Amplificação em alta frequência

Quando se pretende amplificar sinais eléctricos de pequena duração ou o que é equivalente sinais cujo espectro de frequência compreende um domínio de frequências muito elevado ($\simeq$100 Mc/s), as técnicas convencionais deixam de ter utilidade.

Com efeito, nesta gama de frequências, têm primordial importância as capacidades interelectródicas das válvulas que actuam desfavoràvelmente em relação ao fim proposto. Assim a carga introduzida pela capacidade de grelha dum andar de amplificação no que o antecede é muito elevada, e o efeito de capacidade entre grelha e ánodo além de diminuir o ganho, pode para certas frequências produzir uma instabilidade no circuito. Além destes efeitos outros aparecem, como por exemplo o de perdas no dieléctrico que constitui o suporte da válvula que combinado com a indutância do cátodo e o tempo de trânsito dos electrões, são equivalentes a uma resistência inserida entre a grelha e o cátodo da válvula.

Tais efeitos justificam a procura de válvulas com elevada transcondutância, capacidades electródicas pequenas e circuitos de cátodo separados.

Note-se porém que a condição de elevada transcondutância, por implicar correntes anódicas e dissipações de energia elevadas nos circuitos de placa e blindagem, entra em conflito com a condição de ter pequenas capacidades.

2 — Estudo analítico simplificado do comportamento duma válvula electrónica em alta frequência

Tem interesse efectuar uma análise simples dos efeitos citados na alínea anterior, a fim de ajuizar da sua ordem de grandeza.

2.1 — *Efeito das capacidades interelectródicas*

Considere-se o esquema eléctrico da figura 1.

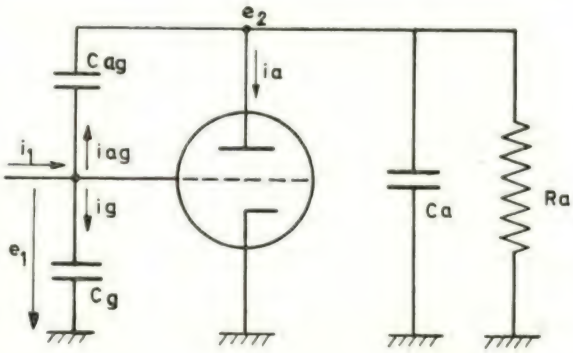


Fig. 1

A admitância de entrada deste andar de amplificação, obtém-se pelas relações seguintes:

$$i_g = Y_g \cdot e_1$$
$$i_{ag} = (e_1 - e_2) \cdot Y_{ag}$$
$$e_2 = K \cdot e_1$$
$$i_1 = i_g + i_{ag} = [Y_g + (1-K)\, Y_{ag}] \cdot e_1$$

donde

$$Y_1 = \frac{i_1}{e_1} = j\,\omega\,[C_g + (1-K)\, C_{ag}]$$

Dado que $k < 0$ e $|k| >> 1$, tem-se uma capacidade de entrada cujo valor é

$$C_g + (1 + |k|)\, C_{ag}$$

Compreende-se que em alta frequência esteja banida a utilização de válvulas triodo. dado que para estas válvulas C_{ag} tem valores elevados.

Se se supozer agora uma associação de n andares idênticos em cascata, constituídos com válvulas pentódio, o ganho de amplificação de um dos andares será

$$G = -\, g_m \cdot \frac{R_a}{1 + j\,\omega\, R_a\,(C_a + C_g)}$$

Esta expressão para valores elevados de frequência tende para o limite

$$|\, G_{lim} \,| = \frac{g_m}{2\,\pi\, f\,(C_a + C_g)}$$

Chamando B a banda de frequência de O a f H z tem-se

$$|\, G \,| \,.\, B \leqslant |\, G_{lim} \,| \,.\, B = \frac{g_m}{2\,\pi\,(C_a + C_g)}$$

Ao produto $F = |\, G_{lim} \,|\, B$ chama-se factor de mérito da válvula utilizada e representa fìsicamente a frequência limite para a qual a válvula dá um ganho unitário numa impedância de carga só constituída pelas suas capacidades electródicas.

Este factor é importante, pois serve de base para um critério de selecção de válvulas em alta frequência.

2.2 — *Efeito da indutância de cátodo*

Atendendo ao esquema da figura 2, tem-se

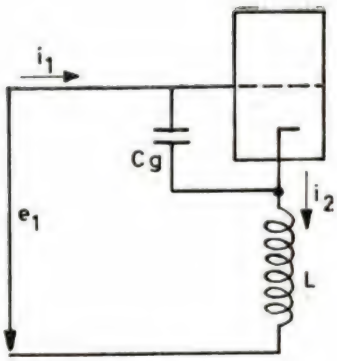


Fig. 2

$$i_2 = g_m \cdot e_g$$

$$e_g = \frac{i_1}{j\,\omega\, C_1}$$

$$e_1 = \frac{i_1}{j\,\omega\, C_1} + j\, g_m\, e_g\, \omega\, L$$

A impedância de entrada tem por valor

$$Y_1 = \frac{i_1}{e_1} \simeq \omega^2 \cdot g_m \cdot L \cdot C_g + j\,\omega\, C_g$$

ou seja apresenta uma parte resistiva

$$R = \frac{1}{\omega^2 \cdot g_m\, L\, C_g}$$

que varia inversamente com o quadrado da frequência. Para fixar valores, tem-se para uma válvula 6 A K 5 os seguintes dados:

$$C_g = 4 \text{ p F}$$
$$L = 0{,}03\ \mu\text{ H}$$
$$g_m = 5.000\ \mu\text{ v}$$

que para uma frequência de 400 Mc/s dão um valor para R de 250 Ω.

2.3 — *Ganho de frequência para n andares*

Disse-se anteriormente que o andar estudado fazia parte duma associação em cascata de n andares. O ganho total será

$$G_T = G^n = \left[-\, \frac{g_m R_a}{1 + j\,\dfrac{f}{f_c}} \right]^n$$

sendo

$$f_c = \frac{1}{2\,\pi\, R_a\,(C_a + C_g)}$$

a frequência para a qual o ganho de um andar diminui de 3 db.

Os n andares comportam-se pois como um único andar, em que

$$G = (-g_m \cdot R_a)^n \cdot \frac{1}{1 + j\,\frac{f}{F_c}}$$

sendo F_c determinado por

$$\left| \left(1 + j\,\frac{f}{f_c}\right)^n \right| - \sqrt{2}$$

O valor de F_c é determinado por

$F_c = f_c \sqrt{2^{\frac{1}{n}} - 1}$, representando-se na fig. 3 o seu andamento com n.

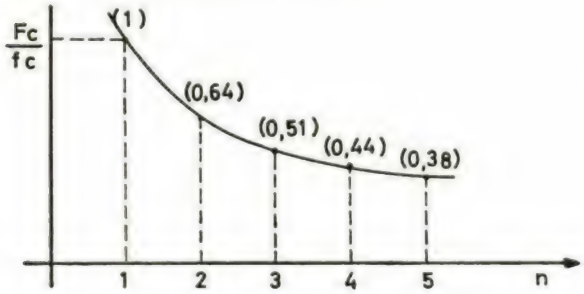


Fig. 3

Verifica-se que para ter um ganho e uma largura de banda conveniente é necessário utilizar andares de amplificação com largura de banda superior.

2.4 — *Associação de válvulas em paralelo*

Interessa realizar valores de G . B muito grandes para o que é necessário ter valores de transcondutância elevados e valores de capacidade interelectródica baixos. Infelizmente a associação de válvulas em paralelo não resolve o problema, pois que a um aumento de g_m corresponde o mesmo aumento de $(C_g + C_a)$.

3 — Princípio físico da amplificação distribuída

Do exposto anteriormente conclui-se que o problema de amplificação proposto, pretende o acoplamento de válvulas de forma a aumentar a transcondutância sem aumento de capacidade. Pode obter-se este resultado por um acoplamento realizado com linhas uniformes (filtros passa baixo) em que as impedâncias em paralelo são as capacidades interelectródicas das válvulas. Antes de analisar o comportamento duma tal associação, recorde-se que para uma linha uniforme com impedância característica Z_o e velocidade de propagação v_o se tem

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial^2 V}{\partial z^2}(z,\ t) = \dfrac{1}{v_o^2} \cdot \dfrac{\partial^2 V}{\partial t^2}(z,\ t) \\[2ex] \dfrac{\partial I}{\partial z}(z,\ t) = -\dfrac{1}{v_o \cdot Z_o} \cdot \dfrac{\partial V}{\partial f}(z, t) \end{cases}$$

A solução deste sistema dá, admitindo que para $t < 0$ $\begin{matrix} V(z,t) = 0 \\ I(z,t) = 0 \end{matrix}$, isto é, que a perturbação electromagnética é posterior a $t \geqslant 0$

$$0 < t < \frac{z}{V_o} \quad \begin{cases} V(z,t) = V_d\left(t - \dfrac{z}{V_o}\right) \\[2ex] I(z,t) = \dfrac{V_d}{z_o}\left(t - \dfrac{z}{V_o}\right) \end{cases}$$

$$\frac{z}{V_o} < t < \infty \quad \begin{cases} V(z,t) = V_d\left(t - \dfrac{z}{V_o}\right) + V_r\left(t + \dfrac{z}{V_o}\right) \\[2ex] I(z,t) = \dfrac{V_d}{z_o}\left(t - \dfrac{z}{V_o}\right) - \dfrac{V_r}{z_o}\left(t + \dfrac{z}{V_o}\right) \end{cases}$$

Como V (z, t) e I (z, t) são funções de z e t quaisquer satisfazendo ao sistema (1) pode considerar-se que são impulsos rectangulares com duração T.

3.1 — *Linhas de placa e grelha uniformes e adaptadas (linhas sem perdas)*

O esquema de princípio é representado na figura 4

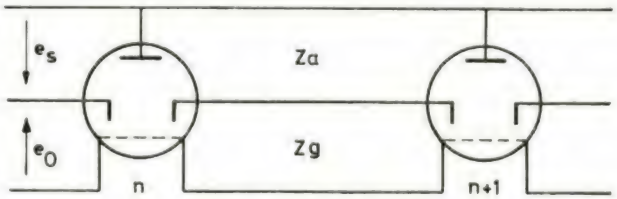


Fig 4

Considere-se que os tempos de propagação nas linhas de grelha e placo são os mesmos e iguais a φ. Introduzindo um sinal rectangular e_o na grelha da válvula n, tem-se um impulso

de corrente de valor $g_m \cdot e_0$ na placa da mesma válvula. Esse impulso desdobra-se em dois impulsos iguais que se propagam em sentidos opostos na linha de placa. Num instante posterior de $\frac{\varphi}{V_0}$ o impulso de grelha e_0 chega à grelha da válvula $n + 1$ dando novamente um impulso de corrente directo na placa de $n+1$ ao qual se vai sobrepor o correspondente impulso de corrente directo gerado na válvula n, e que entretanto aí chegou. Tem-se finalmente um ganho

$$G = -g_m \cdot \frac{n}{2} \cdot Z_a$$

que corresponde ao ganho de um único andar com impedância de carga $\frac{Z_a}{2}$ e transcondutância $n \cdot g_m$.

3.2 — *Linhas de grelha e placa uniformes estando a linha de placa em vazio num dos terminais*

Sabe-se que $\rho_v = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0}$ em que ρ_v representa o factor de reflecção.

Considerando a figura 5

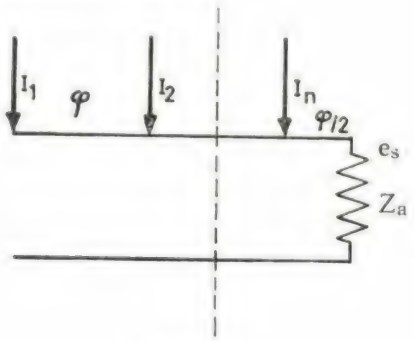


Fig. 5

tem-se para valor de tensão no terminal adaptado

$$eg = \frac{I_1 Z_0}{2} \cdot e^{-j\left[(n-1)\varphi + \frac{\varphi}{2}\right]} +$$

$$+ \frac{I_1 Z_0}{2} \cdot e^{-j\left[(n-1)\varphi + \frac{\varphi}{2}\right]} \cdot e^{-j0\varphi}$$

$$+ \frac{I_2 Z_0}{2} \cdot e^{-j\left[(n-2)\varphi + \frac{\varphi}{2}\right]} +$$

$$+ \frac{I_2 Z_0}{2} \cdot e^{-j\left[(n-2)\varphi + \frac{\varphi}{2}\right]} \cdot e^{-j2\varphi} + \ldots$$

e atendendo a que

$$I_2 = I_1 \cdot e^{-j\varphi}, \; I_3 = I_1 \cdot e^{-j2\varphi}, \ldots$$

vem

$$G = \frac{1}{2} \cdot g_m Z_a \left[n + \frac{1 - e^{-j2n\varphi}}{1 - e^{-j2\varphi}} \right]$$

Como $n\varphi$ é sempre muito pequeno tem-se

$$G \simeq g_m \cdot Z_a \cdot n$$

sendo pois o ganho sensìvelmente o dobro do obtido com a linha adaptada nos dois terminais.

3.3 — *Linha de placa constituída por troços uniformes com impedâncias características diferentes*

Quando se pretenda reduzir a impedância de placa e simultâneamente eliminar a onda reflectida na linha de placa, recorre-se a troços de linha uniformes com valores de impedância característica convenientes.

Assim, em relação à figura 6, tem-se que o impulso de corrente I_1 ao chegar à placa 2, se desdobra num impulso reflectido e noutro transmitido dados por

$$I_{1r} = -\frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2} I_1 \cdot e^{-j\varphi} = -\frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2} \cdot I_2$$

$$I_{1t} = \frac{2 Z_1}{Z_1 + Z_2} \cdot I_1 \cdot e^{-j\varphi} = \frac{2 Z_1}{Z_1 + Z_2} \cdot I_2$$

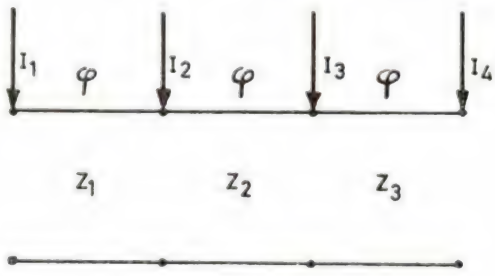


Fig. 6

A corrente I_2 por uma vez dá um impulso na linha Z_1 e outro na linha Z_2 dados por

$$I_{2z1} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} I_2$$

$$I_{2z2} = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} I_2$$

Se

$$I_{1r} - I_2 z_1 = 0$$

eliminaram se os impulsos reflectidos e tem-se $Z_2 = \frac{Z_1}{2}$ o que traduz uma deminuição da impedância de placa. Para o nó 3 por um raciocínio análogo ter-se-ia $Z_3 = \frac{Z_1}{3}$, etc.

4. — Dimensionamento dos amplificadores distribuídos

As linhas de grelha e placa, como já se disse são construídas pela associação de filtros passa baixo em que as impedâncias em paralelo são as capacidades electródicas das válvulas utilizadas.

Em relação à figura 7 e 8 tem-se como é conhecido de teoria dos filtros

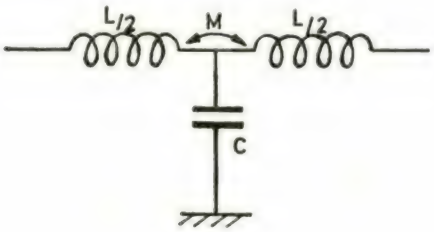


Fig. 7

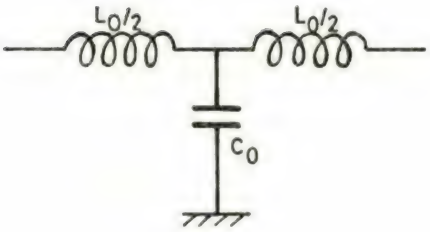


Fig. 8

$$Z_o = \sqrt{\frac{L_o}{C_o}} \qquad C_o = \frac{C}{m}$$

$$\tau = \sqrt{L_o C_o} \qquad L_o = \frac{2m}{1+m^2} L_1$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_o C_o}} \qquad m = 1{,}27$$

O quadripolo da fig. 8 apresenta vantagens por ter uma frequência de corte 11 % maior que a do correspondente quadripolo sem ligação magnética.

Aplicando as fórmulas anteriores às linhas de grelha e placa tem-se:

Linha de grelha	Linha de placa
L_g	L_a
C_g	C_a

como $C_g > C_a$ e $\sqrt{L_g C_g} = \sqrt{L_a C_a}$, como se viu será

$$Z_a = \frac{C_g}{C_a} \cdot Z_g \qquad (Z_a > Z_g)$$

$$L_a = \frac{Z_a}{Z_g} \cdot L_g \qquad (L_a > L_g)$$

$$f_{ca} = f_{cg}$$

Verifica-se que a linha de placa tem uma impedância característica maior que a da linha de grelha pelo que se fizermos um acoplamento em cascata entre este andar de amplificação distribuída e outro análogo teremos

$$G = \frac{2 Z_g}{Z_g + Z_a} \cdot \frac{n \cdot g_m Z_a}{2}$$

donde por uma substituição simples se obtem

$$G = 2n \cdot \frac{F}{f_c}$$

em que F representa o factor de mérito das válvulas utilizadas.

O acoplamento de m andares idênticos com n válvulas cada um, dá um ganho final de

$$A = G^m = \left(\frac{2nF}{f_c}\right)^m$$

obtido com $N = m \cdot n$ válvulas

O dimensionamento óptimo será aquele em que para o mesmo ganho se utilize um número mínimo de válvulas, para o que basta que

$$\frac{dN}{dm} = 0$$

donde

$$m = \ln A$$
$$G = e = 2{,}72$$
$$n = 1{,}36 \frac{f_c}{F}$$

Falta finalmente calcular os vários tipos de linhas que se podem utilizar.

4.1 — *Linhas helicoidais*

Dada uma linha helicoidal que se supõe definida pelo seu diâmetro D, passo P do enrolamento e diâmetro d do fio expressos em cm (fig. 9) tem-se:

$$\Theta_n = \frac{\frac{2P}{D}(n-1)}{\sqrt{4+(n-1)^2\left(\frac{2P}{D}\right)^2}}$$

$$N_{1n} = f(\Theta_n)$$

A indução total é dada por

$$l_T = l \,.\, n + [(n-1) \,.\, N_{12} + (n-2) \,.\, N_{13} + \ldots + N_{1n}] \,.\, D \quad \mu H$$

com

$$l = 6{,}28 \times D \times 10^{-3}\left[2{,}3 \log_{10} \frac{8\,D}{d} - 2\right]$$

sendo $N_{1n} = f(\theta_n)$ uma função tabulada (ver referência n.º 3) cujos valores se apresentam no quadro seguinte:

θ_n	N_{1n}	θ_n	N_{1n}	θ_n	N_{1n}
0	∞	0,032	0.03558	0.12	0.01928
0.010	0.05016	0.034	3482	0.14	0.01743
0.011	0.04897	0.036	3411	0.16	1586
0.012	0.04787	0.038	3343	0.18	1449
0.013	4687	0.040	3279	0.20	1328
0.014	4594	0.042	3218		
0.015	4507	0,044	3160		
0.016	4426	0.046	3105		
0.018	4278	0.048	3052		
0.020	4146	0.050	3001		
0.022	4027	0.060	2775		
0.024	3918	0.070	2584		
0.026	3818	0.080	2420		
0.028	3725	0,090	2276		
0.030	3439	0.100	2148		

A indução mútua é dada por

$$l_m = l_{11}' + 2\,l_{12} + \ldots + n\,l_{1n}' + (n-1) \,.\, l_{2n}' + (n-3) \,.\, l_{3n}' + \ldots + l_{nn}'$$

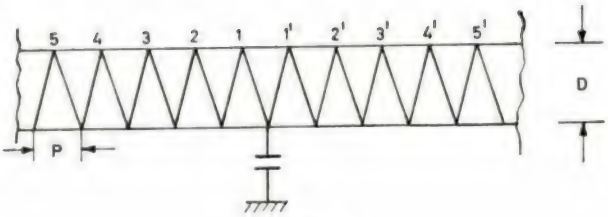


Fig. 9

com

$$l_{ik} = N_{ik} \,.\, \frac{D}{2}$$

$$N_{ik} = f(\theta_{ik})$$

e

$$\theta_{ik} = \sqrt{\frac{\left\{\frac{2}{D}\left[(k+i-2)P + \frac{P}{2}\right]\right\}^2}{4 + \left\{\frac{2}{D}\left[(k+i-2)P + \frac{P}{2}\right]\right\}^2}}$$

As expressões anteriores permitem calcular as indutâncias com uma aproximação superior a 5 %.

4.2 — *Linhas de parâmetros concentrados com e sem indução mútua.*

Podem calcular-se com boa aproximação a partir das fórmulas de Nagaoka.

$$L = \frac{0.0395 \times a^2 \times n^2}{b} \,.\, k$$

onde

a — raio de bobina
b — comprimento de bobina
n — número de espiras

$k = f\left(\frac{2a}{b}\right)$ é uma função tabulada (ver referência n.º 3).

A impedância mútua pode calcular-se aproximadamente pela expressão $M = n_1 \,.\, n_2 \,.\, M_0$ em que M_0 é a impedância mútua de 2 espiras paralelos colocados nos planos médios de cada bobina

$$M_0 = N \,.\, a \text{ onde } N = N\left(\sqrt{\frac{\left(\frac{d}{a}\right)^2}{4+\left(\frac{d}{a}\right)^2}}\right)$$

com d — distância entre as espiras.

4.3 — *Linhas de parâmetros concentrados com bobinas planas.*

Torna-se difícil por vezes conseguir o acoplamento magnético desejado nos casos anteriores.

Tem interesse a construção duma linha que permita um ajuste simples de forma a eliminar o mais possível as reflexões. Daí o interesse que pode apresentar este tipo de linha, cujo cálculo se apresenta a seguir (fig. 10).

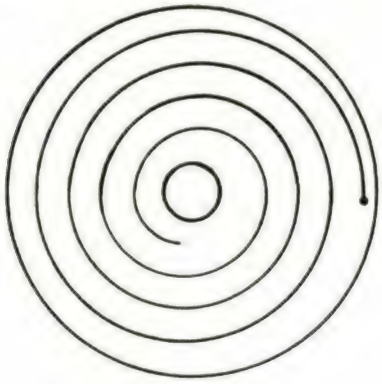


Fig. 10

Seja *d* o diâmetro do fio, *a* o raio máximo das espiras em cm e *n* o número de espiras.

Para $\frac{d}{a} (<<1) = \varepsilon$

tem-se

$$l_T = 0{,}01257\ a \left\{ \left[2{,}3 \log_{10} \frac{16}{\varepsilon} - 2 \right] + \right.$$

$$+ (1-\varepsilon) \left[2{,}3 \log_{10} \left(\frac{16}{\varepsilon} - 1 \right) - 2 \right]$$

$$+ \ldots + [1-(n-1)\varepsilon] \left[2{,}3 \log_{10} \left(\frac{16}{\varepsilon} - \right.\right.$$

$$\left.\left. - (n-1) \right) - 2 \right] + 2\,N\,(1{,}2)\ a \sqrt{1-\varepsilon} +$$

$$+ \ldots + 2\,N\,(1,n)\ a \sqrt{1-(n-1)\varepsilon} + \ldots +$$

$$\left. + 2\,N\,(n-1,n) \times \sqrt{[1-(n-2)\varepsilon][1-(n-1).\varepsilon]} \right\}$$

com

$$N\,(k_1, k_2) = N \left[\frac{\varepsilon\,(k_1 - k_2)}{2 - (k_1 + k_2 - 2)\,\varepsilon} \right]$$

$$k_1 > k_2$$

N é a função já apresentada anteriormente.

Para o cálculo da indução mútua supõem-se as bobinas idênticas donde

$$\frac{\overline{D}}{2} = a - \left(\frac{n-1}{2} \right) d$$

l — distância entre os planos das espiras vem para

$$\theta = \sqrt{\frac{\left(\frac{2l}{\overline{D}}\right)^2}{4 + \left(\frac{2l}{\overline{D}}\right)^2}} \simeq \frac{l}{\overline{D}}$$

$$e_m = N\,(\theta) \cdot \frac{\overline{D}}{2} \cdot n^2$$

As fórmulas apresentadas permitem calcular as indutâncias com uma aproximação de 10 %.

5 — Verificação experimental de amplificação distribuída

Indica-se na fig. 11 o esquema básico apontado.

Trata-se dum esquema muito simples onde com facilidade se podem verificar os cálculos realizados.

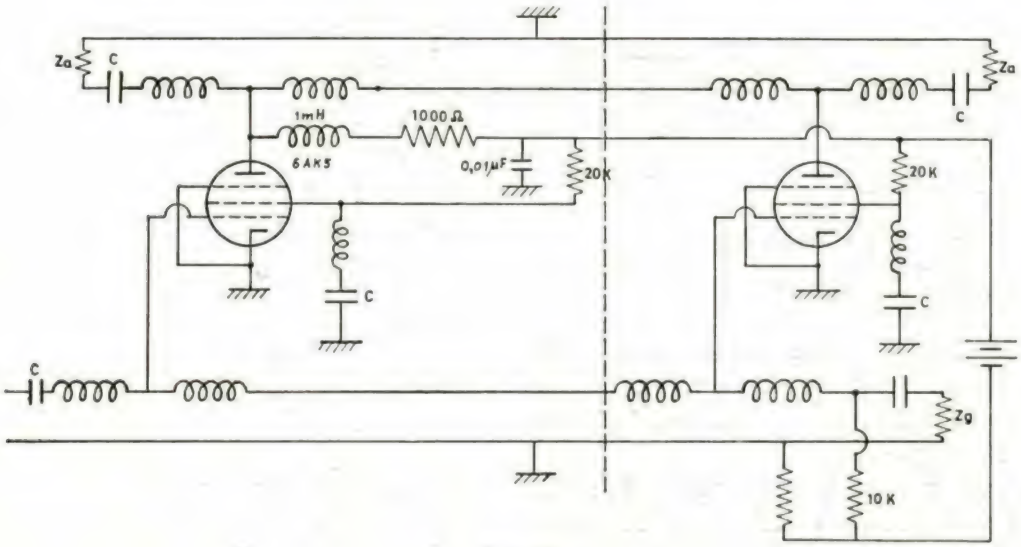


Fig. 11

5.1 — *Linhas de parâmetros concentrados*

Para o cálculo deste amplificador fixaram-se os seguintes dados:

Válvulas 6 AK5 ($C_g = 4$ pF, $C_a = 2{,}8$ pF, $g_m = 5.000\ \mu\mho$)

$$G = 6$$
$$f_c = 200 \text{ MC/S}$$
$$Z_a = Z_g = 500\ \Omega$$

Pretendeu-se utilizar como suporte das linhas uma vareta de polistirene com 8 mm de diâmetro e realizar o enrolamento com um fio de diâmetro d = 0,25 mm.

Os enrolamentos deveriam ter ligação magnética com um coeficiente m o mais próximo possível de 1,27.

O cálculo efectuado foi o seguinte:

$$C_o = \frac{4}{1{,}275} = 3{,}14 \text{ pF}$$
$$L_o = C_o Z_o^2 = 0{,}785\ \mu H$$
$$\frac{L_o}{2} = 0{,}4\ \mu H$$

O valor final deveria ser

$$\frac{L}{2} = \frac{m^2+1}{4\,m} L_o = 0{,}406\ \mu H$$

$$M = \frac{m^2-1}{4\,m} L_o = 0{,}0985\ \mu H$$

Utilizaram-se bobinas com 6,5 espiras (valor teórico 0,372 μH) o mais próximas possível o que deu um acoplamento magnético próximo de 1,27.

O número de válvulas a utilizar será de

$$n = \frac{2 \times G_v}{g_m \cdot Z_o} = \frac{2 \times 6 \times 10^6}{4.000 \times 500} = 6 \text{ válvulas}$$

tomando-se $g_m = 4.000\ \mu$ v por se ter utilizado uma tensão contínua de 150 V de placa.

O gráfico da fig. 12 mostra-nos a variação do ganho com a frequência.

Verifica-se que a não homogeneidade da linha de placa e grelha, acarreta fenómenos de reflexão que provocam uns picos no diagrama apresentado. Pode ver-se também que tendo a linha sido calculada para $f_c = 200$ Mc/s se verifica uma atenuação a partir dos 110 Mc/s. Isso deve-se ao facto de, para frequências maiores de 100 Mc/s, o polistirene apresentar perdas apreciáveis.

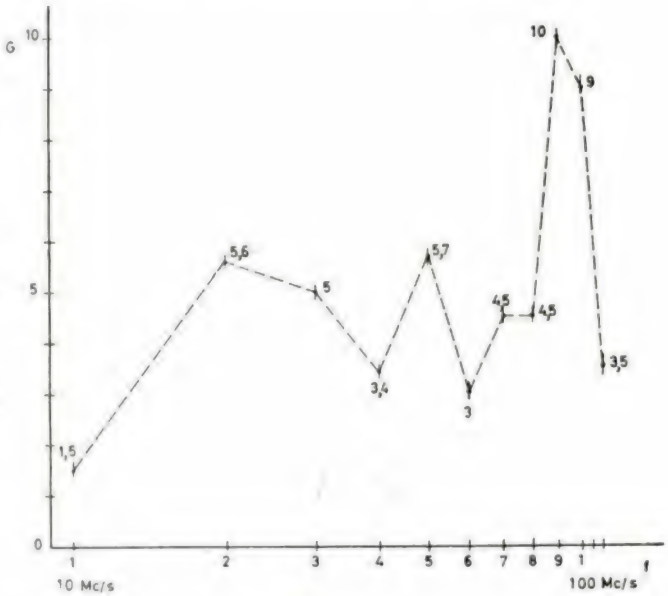


Fig. 12

5.2 — *Linha helicoidal*

Novamente se utilizaram nesta montagem linhas montadas em polistirene e as válvulas 6 A K5. Arbitrou-se uma frequência de corte $f_c = 200$ Mc/s e utilizou-se uma das linhas helicoidais já construídas para verificação das fórmulas apresentadas. Suas características são

$$D = 2{,}5 \text{ cm}$$
$$P = 0{,}5 \text{ cm}$$
$$d = 0{,}1 \text{ cm}$$

Para a válvula 6A K5 tomaram-se os seguintes valores:

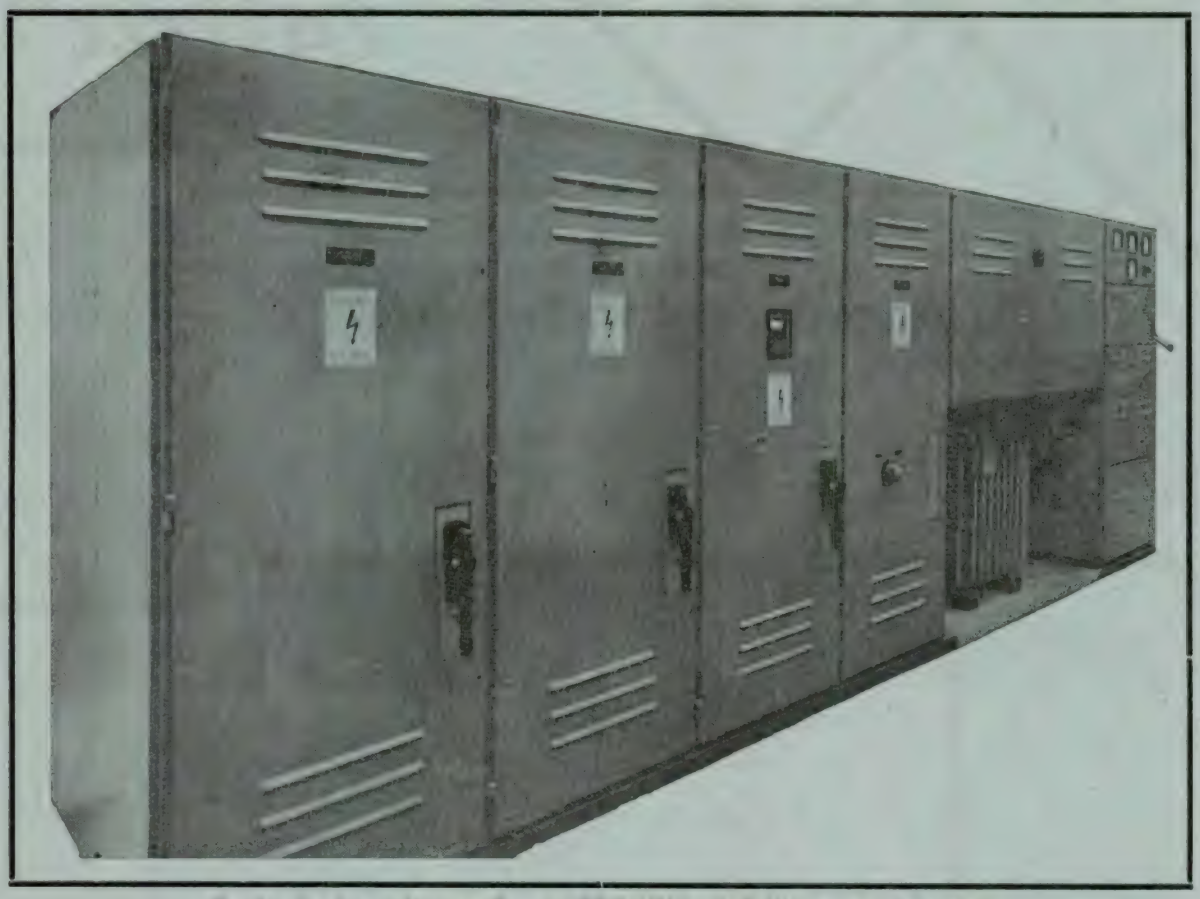
$$C_g = 4 \text{ pF}$$
$$C_a = 2{,}8 \text{ pF}$$
$$g_m = 4.000\ \mu\upsilon$$

Então

$$L_a = \frac{1}{(\pi f_c)^2 \times C_a} = 0{,}89 \times 10^{-6} \text{ H}$$
$$Z_a = 500\ \Omega$$
$$Z_g = \frac{C_a}{C_g} \cdot Z_g = 396\ \Omega$$
$$L_g = 0{,}625 \times 10^{-6} \text{ H}$$

POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO BLINDADOS

PARA INTERIOR E EXTERIOR



Posto de transformação de 250 KVA, 6,6 KV, para interior, fornecido para os Serviços Autónomos de Luz e Água de Luanda (LAL)

CONSTRUÍDOS POR:

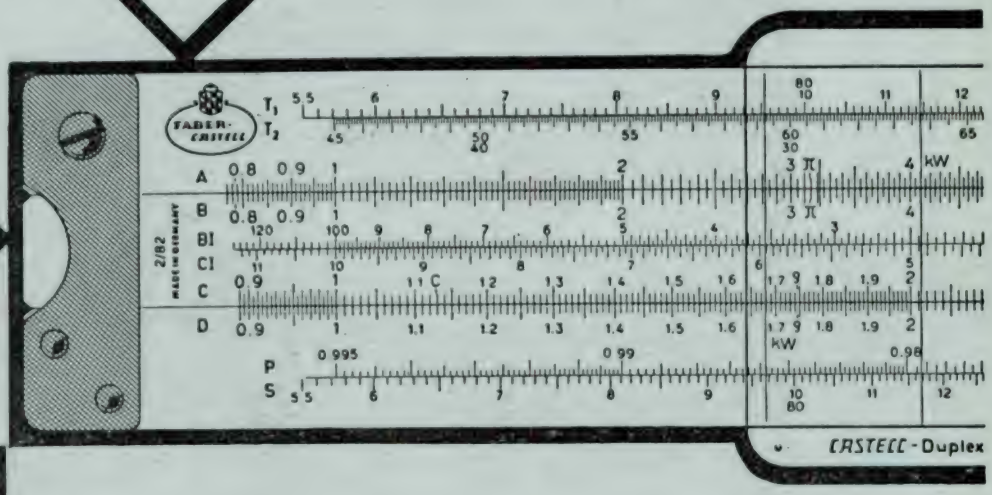
JAYME DA COSTA, LDA

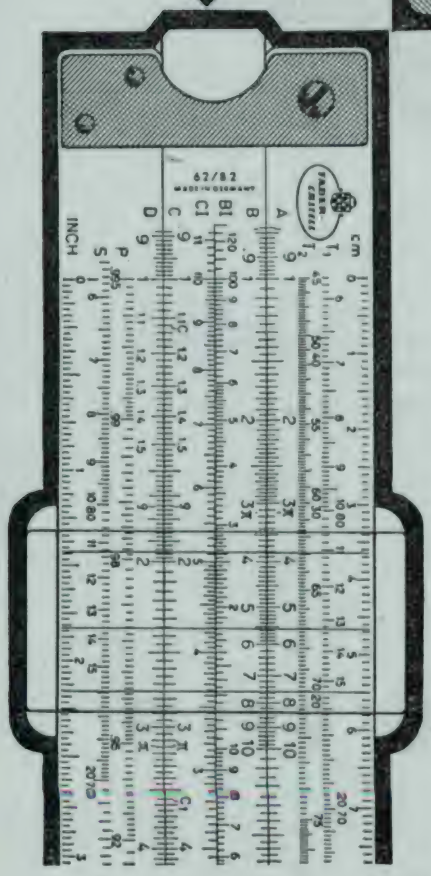
LISBOA—PORTO—LUANDA

Para o cálculo preciso e rigoroso

RÉGUAS DE CÁLCULO

CASTELL





GRUPOS PROFISSIONAIS	SISTEMA DE RÉGUA DE CALCULAR	FORMATO 25cm = Normal Número	FORMATO 12,5 = Bolso Número
Cientista, Engenheiro e Técnico	Duplex Darmstadt Mathema	2/82 111/54 **A** 2/84	62/82 67/54 b **R** –
Técnicos construtores de máquinas Engenheiros electricistas	Rietz Elektro Maschinenzeit	111/87 **A** 111/98 1/48	67/87 **R** 67/98 b **R** –
Construções de cimento armado Arquitectos, construtores, etc. Técnicos de soldagem	Stahlbeton Dywidag Normal Normal-Trig. Schweißtechnik	3/11 57/62 – 1/60 –	67/21 – 67/39 67/91 67/56
Indústria Têxtil Indústria gráfica	Textil Demegraph	57/74 111/66	– –
Comerciantes Comerciantes Técnicos	Disponent Bivius	111/22 **A** 1/28	67/22 **R** –

A. W. FABER-CASTELL · STEIN BEI NÜRNBERG

Para a linha indicada deduz-se

$l_T = 56 \times 10^{-3}\ \mu\ H$

$N_{12} = 17{,}4 \times 10^{-3}\ \mu\ H$

$N_{13} = 9{,}9 \times 10^{-3}\ \mu\ H$

$N_{14} = 6{,}2 \times 10^{-3}\ \mu\ H$

$N_{15} = 4{,}3 \times 10^{-3}\ \mu\ H$

donde $l \times 10^{-3} = 150{,}8\ n - 167{,}7$

Para a linha de grelha deverá ser

$$n_g = \frac{625 + 167{,}7}{150{,}8} = 5{,}3 \text{ espires}$$

Para a de placa

$$n = \frac{890 + 167{,}7}{150{,}8} = 7 \text{ espiras}$$

Desprezou-se nesta linha o efeito da impedância mútua, sendo o ganho esperado de

$$G = \frac{n}{2} \times g_m \times Z_a$$

Como se utilizaram 4 válvulas temos

$$G = \frac{4}{2} \times 5.000 \times 560 \times 10^{-6} \cong 5{,}6$$

Na figura 13 mostra-se o andamento do ganho como a frequência.

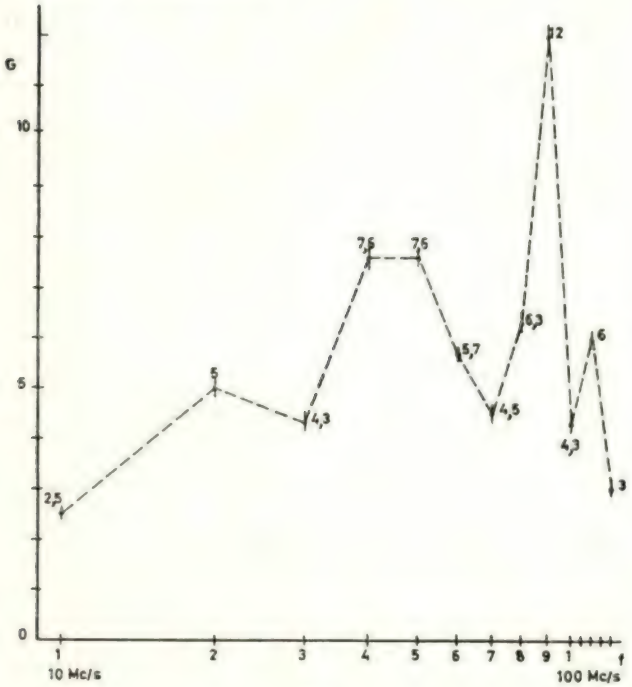


Fig. 13

Novamente se verifica a existência de reflexões na linha bem como a atenuação nos 110 Mc/S.

Verificámos ser possível neste tipo de linha procurar os pontos ideais de ligação de forma a reduzir estas reflexões.

5.3 — *Linha de parâmetros concentrados com bobinas planas*

Na construção desta bobinas já foi possível utilizar suportes de polietileno o que permitiu elevar a frequência de corte da linha. Utilizou-se também uma válvula especial a E 180 F que possui características mais vantajosas que a 6 A K 5.

Assim

$g_m = 18.500\ \mu\ v$

$C_g = 9\ p\ F$ $\qquad F \cong 185$ Mc/s

$C_a = 3\ p\ F$

Construiram-se linhas de grelha e placa iguais com bobinas planas de indução própria 0,180 μ H, tendo-se arbitrado uma capacidade distribuída para as ligações de 3 p F. A impedância característica utilizada foi de

$Z_g = Z_a = 160\ \Omega$

$f_c = 280$ Mc/S

$n = 1{,}36 \dfrac{f_c}{F} = 2$

$G = 2{,}72$

Apresenta-se na fig. 14 o gráfico do andamento do ganho com a frequência.

No gráfico que se apresenta, pode verificar-se não só que a frequência de corte aumentou como também que pràticamente se eliminaram as reflexões. Isto deve se principalmente ao facto de este tipo de bobinas poder assegurar grande homogeneidade bem como um fácil ajuste.

5.4 — *Método de medida utilizado.*

Para a determinação das curvas anteriores seguiu-se o método de medida esquematizada na figura 15.

Os aparelhos apresentados tem as seguintes características:

Oscilador de alta frequência — Marca Hickok

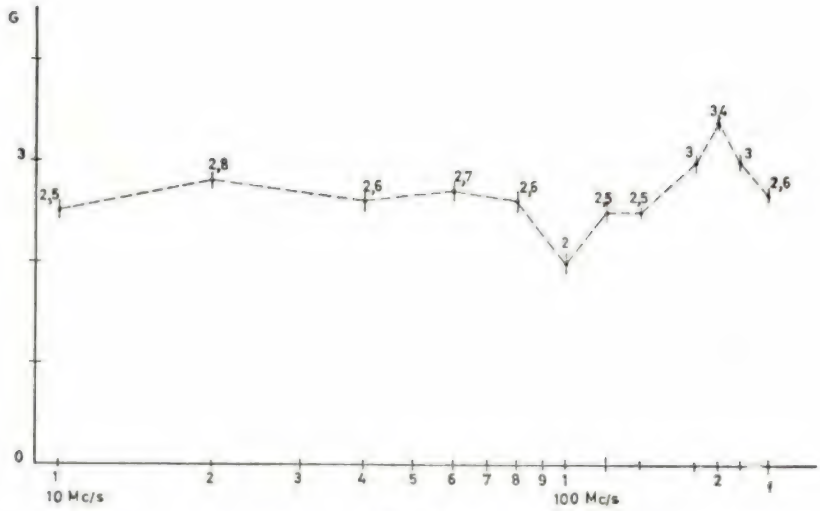


Fig 14

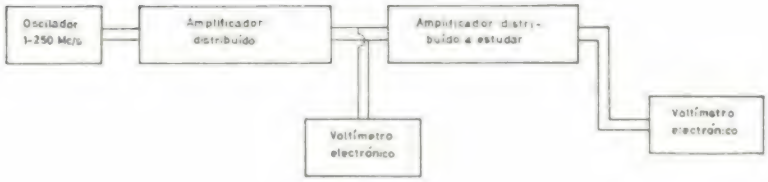


Fig. 15

tem um varrido de frequência de 125 Kc/s a 220 Mc/s.

Oscilador de frequência — Marca Phylips que foi utilizado na banda de 100 Mc/s a 250 Mc/s.

Amplificador distribuído — Construído pela Hewlett Packard tipo 460 A R, tem uma banda de frequência de 100 Kc/s a 190 Mc/s onde apresenta uma diminuição de 3 d b no ganho.

Voltímetro electrónico — Construído pela Marconi tem uma banda de frequência com resposta linear desde 100 C/s até 500 Mc/s.

Verificou-se que na banda de frequência utilizada, o voltímetro não carregava o circuito pelo que pôde ser utilizado no circuito de entrada e saída do amplificador a estudar.

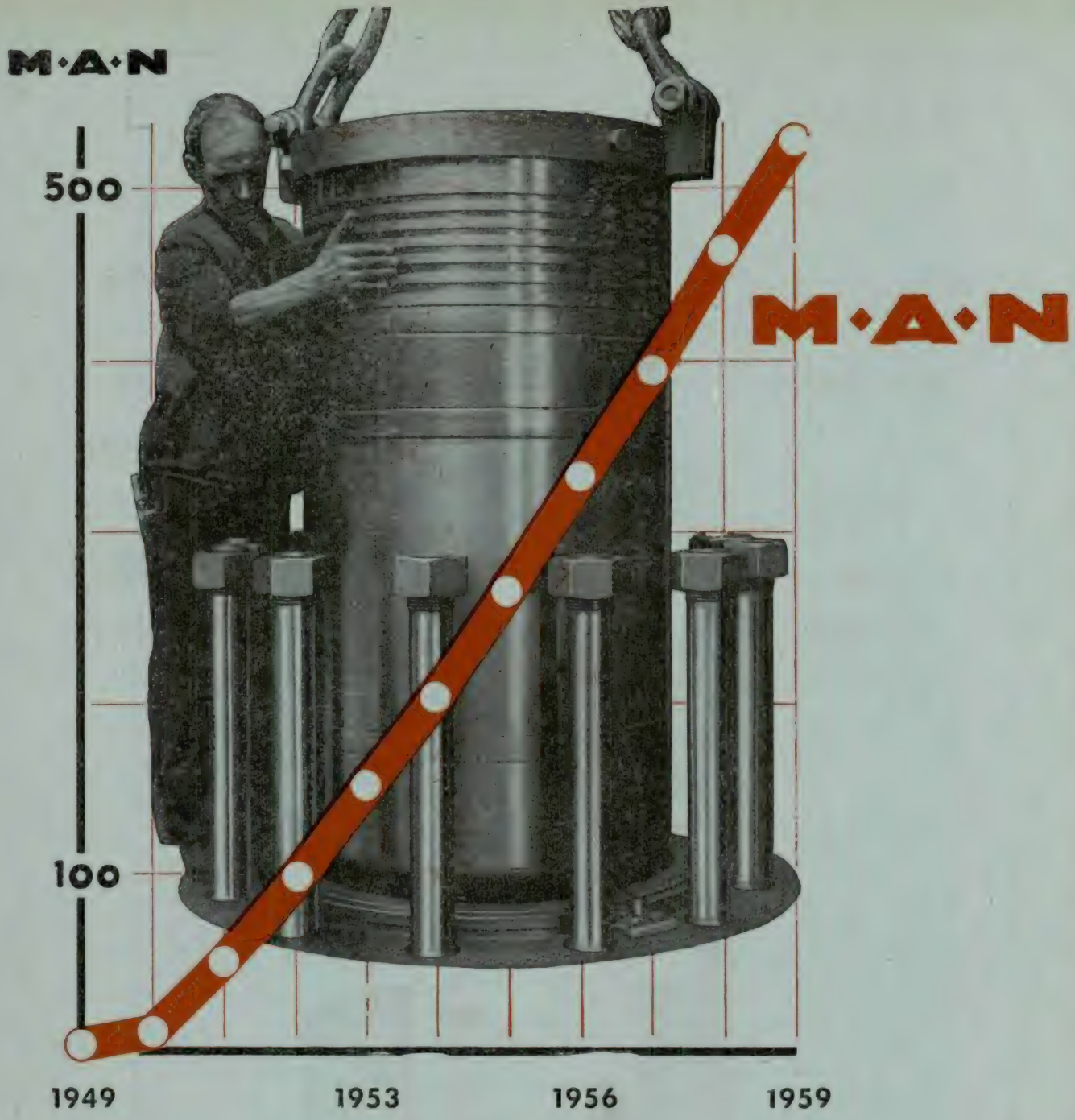
6 — Considerações finais

O estudo experimental feito incidiu principalmente no tipo mais simples de amplificador a saber com a linha de placa e grelha uniformes e adaptadas. Verificou-se que ao pôr em vazio um dos terminais de linha de placa embora se aumentasse o ganho piorava a curva de resposta de frequência.

Parece que a solução mais interessante será a de utilizar linhas não uniformes calculadas de forma a eliminar a onda reflectida. Oportunamente será encarada esta solução.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Milimicrosecond Pulse
Techniques — Lewis and Wells
Distributed Amplification
Proc. Inst. Redio Engrs, 1948 36 — Gintzon, Hewlett, Jasberg
Radio Engineering Handbook — Henney



CONFIANÇA NO
MOTOR DIESEL

M·A·N

A segurança da construção e a qualidade do trabalho conseguiram para os motores Diesel de Augsburg uma extraordinária fama em todo o mundo. A execução de 500 grandes motores Diesel (com 250 a 2.000 CVe por cilindro) desde o fim de 1949 até meados de 1959 marca uma época na história da construção de motores em Augsburg.
A navegação tem hoje já à sua disposição motores M. A. N. com 20.000 CVe e até mais numa única unidade.

MASCHINENFABRIK AUGSBURG ✦ NÜRNBERG AG ✦ WERK AUGSBURG

REPRESENTANTES GERAIS PARA PORTUGAL E ULTRAMAR

INDUMA

MÁQUINAS INDUSTRIAIS, LIMITADA

METALÚRGICA DE BENFICA, L.DA

Máquinas:

Borracha

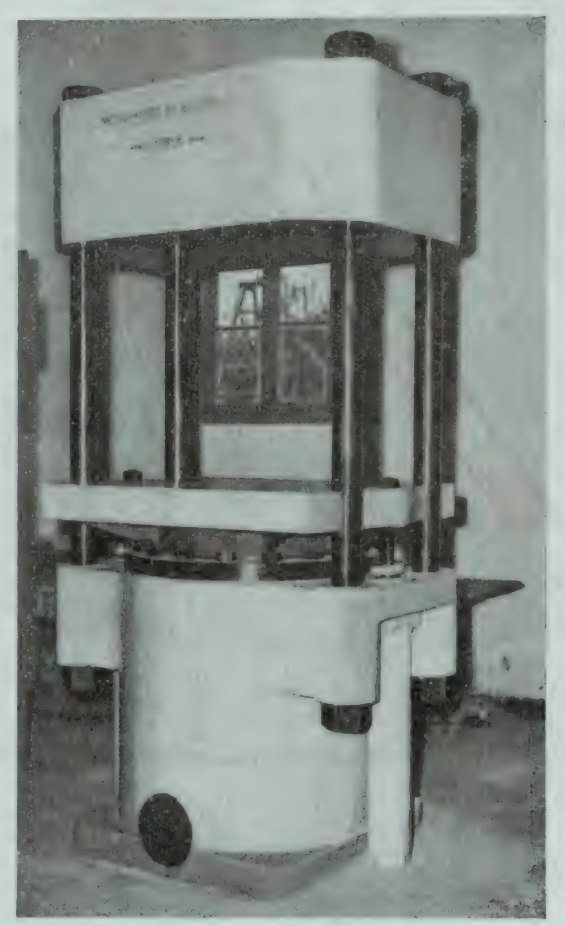
Papel

Madeira

Plásticos

Cabos eléctricos

Carpintaria de moldes



Prensa hidráulica 250 tons. de 800 × 800
com cilindros de abertura forçada

Fundição de peças até 10 tons. de um só jacto

Acabamentos mecânicos de precisão e grandes dimensões

Fomentar a indústria nacional é aumentar Portugal

C. D. U. 624.07 : 539.374

CÁLCULO À ROTURA DE ESTRUTURAS HETEROGÉNEAS ORTOTRÓPICAS

PELOS

Professor Dr. sc. techn., Dr. Eng. W. OLSZAK e
Dr. sc. techn., A. SAWCZUK, de Varsóvia

O assunto de que trata este trabalho foi exposto nas conferências efectuadas pelo Prof. Olszak no Laboratório Nacional de Engenharia Civil em 30-10-957 e 31-10-957. O presente texto foi elaborado a partir do original inglês pelo Engenheiro João Maria Oliveira Martins.

II PARTE: CASCAS (*)

SUMÁRIO:

7 — Cascas Cilíndricas Ortotrópicas
8 — Cascas Heterogéneas
9 — Bibliografia da I e II Partes

7 — CASCAS CILÍNDRICAS ORTOTRÓPICAS

7.1 Os problemas do cálculo à rotura relativos às cascas (ver [2b] [5] [8] [16] [18] foram até agora analisados de uma maneira muito menos desenvolvida que os relativos às placas.

A principal causa deste facto, é que sempre que se emprega a condição da deformação plástica linear, obtêm-se equações diferenciais não lineares representando o estado das forças interiores e das variações dos deslocamentos.

Antes de se proceder a uma análise mais rigorosa do problema da carga de rotura nas cascas, vamos demonstrar a possibilidade de usar a aproximação cinemática, essencialmente análoga à maneira que se empregou na teoria das placas, e usualmente designada por «teoria das linhas de fractura».

Com este propósito vamos considerar uma casca cilíndrica de comprimento L, sujeita à acção de uma carga uniformemente distribuída p.

Consideramos a casca encastrada nos cantos, sendo m_0 o momento de flexão longitudinal limite e n_0 a força limite segundo a circunferência.

A estrutura da casca é tipo «em folheto» o que significa poderem os momentos de encastramento limites diferir de m_0, sendo por exemplo iguais a νm_0 (fig. 17).

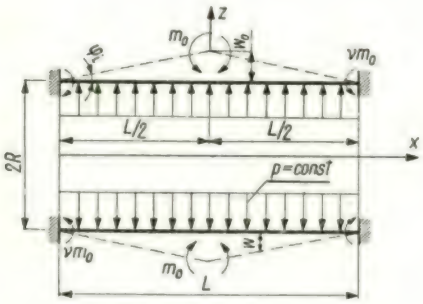


Fig. 17

As relações que exprimem os deslocamentos têm a forma comum:

$$(7.1) \qquad \varepsilon_\varphi = \frac{w}{R}$$

$$\varepsilon_x = \frac{du}{dx} - z\frac{d^2w}{dx^2} = \frac{du}{dx} - z\,V_x$$

onde ε_φ, ε_x representam os deslocamentos unitários segundo o raio e ao longo do eixo respectivamente, sendo u e w os deslocamentos absolutos ao longo do eixo e segundo o raio respectivamente e N a distância da superfície considerada à secção longitudinal média.

A variação do trabalho das forças interiores é

$$(7.2) \qquad d = \int_{-R}^{R} (\sigma_x\,\varepsilon_x + \sigma_\varphi\,\varepsilon_\varphi)\,dz$$

(*) A I PARTE: PLACAS, foi já publicada no número anterior.

Substituindo em (7.1) e tendo em consideração que o sinal da curvatura é oposto ao do momento obtemos, com os valores positivos representados na fig. 17 a expressão:

$$(7.3) \quad D = \int_A (m_x V_x + n_x \frac{du}{dx} + n_\varphi W) \, dA$$

Os momentos segundo as circunferências, não contribuem para o trabalho porque, para uma carga simétrica em relação ao eixo a variação da curvatura segundo a circunferência é $V_\varphi = 0$.

Se existirem linhas de descontinuidade então ter-se-á de adicionar o trabalho realizado pelas forças ao longo das correspondentes linhas de descontinuidade, de uma maneira análoga ao que se fez por exemplo em (3.2).

1.2. No caso da casca cilíndrica em questão, consideramos que:

$$(7.4) \quad w = w_o \left(1 - \frac{2x}{L}\right) \quad \mu = 0$$

$$m_x = m_o \qquad n_\varphi = n_o$$

O aumento do trabalho das forças exteriores é dado pela equação (3.1). Calculando o trabalho das forças interiores (tomando em consideração as linhas de descontinuidade para $x = 0$ e $x = \pm L/2$) vemos que o valor da carga de rotura (cálculo baseado na aproximação cinemática) é de:

(7.5)

$$p = \frac{\Sigma m_i \varphi_i L_i + \int_A d \, dA}{\int_A w \, dA} = \frac{8 m_o}{L^2} (1 + \nu) + \frac{n_o}{R}$$

É evidente, desta equação, que quando $n_o = 0$ — é o caso da casca não ser capaz de resistir às forças normais segundo as circunferências — ela pode ser considerada como constituída por uma série de vigas formando uma superfície cilíndrica. Pelo contrário se $m_o = 0$ ela funciona como uma série de arcos.

7.3 A aproximação estática exige a representação da condição de cedência do conjunto de forças no espaço. Conhecendo as relações entre as forças interiores durante o processo de funcionamento plástico da casca, podemos, usando as condições de equilíbrio, determinar o campo das forças interiores estàticamente admissível e daí um dos limites inferiores da carga de rotura. Então por exemplo para uma casca «em folhetos» cujo material admite o mesmo limite de cedência em compressão e tracção, encontramos o campo de forças interiores estàticamente admissível determinado pelas seguintes equações:

$$(7.6) \quad -1 \leqslant \frac{n_x}{n_o} - \frac{m_x}{m_o} \leqslant 1$$

$$-1 \leqslant \frac{n_x}{n_o} + \frac{m_x}{m_o} \leqslant 1$$

$$-1 \leqslant \frac{n_\varphi}{n_o} \leqslant 1$$

Sendo n_{ox} $n_{o\varphi}$ m_{ox} os módulos plásticos para a tensão segundo o eixo longitudinal da casca, tensão segundo as circunferências e para a flexão longitudinal, a curva do limite de cedência, neste caso, é representada pela fig. 18.

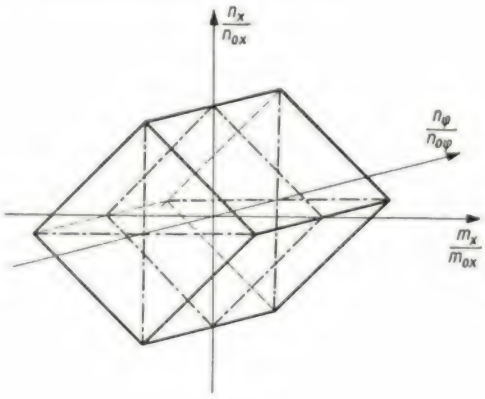


Fig. 18

A capacidade de carga das cascas «em folheto» acima discutida, pode, para o caso de $\nu = 1$ ser determinada por meio da estática usando as equações de equilíbrio de um elemento de casca e as equações correspondentes da superfície de cedência.

Se $n_x = 0$ a equação de equilíbrio é

$$(7.7) \quad \frac{d^2 m_x}{dx^2} = p - \frac{n_\varphi}{R}$$

e a equação da curva limite de cedência obtida de (7.6) é:

$$(7.8) \quad n_\varphi = \pm n_o \qquad -m_o \leqslant m_x \leqslant m_o$$

$$(7.9) \quad m_x = \pm m_o \qquad -n_o \leqslant n_\varphi \leqslant n_o$$

No nosso caso as condições limites:

$$(7.10) \qquad m\left(\pm\frac{L}{2}\right) = m_o$$

$$m\ (0) = -\ m_o$$

$$m'\ (0) = 0$$

põem em relevo a validade da equação (7.8) [porque (7.9) representa o caso de flexão simples com tensões não uniformes segundo as circunferências].

Integrando a equação (7.7) e tendo em atenção as condições limites expressas em forças por (7.10) obtemos

$$(7.11) \qquad p = \frac{16\ m_o}{L^2} + \frac{n_o}{R}$$

Por outro lado, os momentos de flexão são determinados pela relação

$$(7.12) \qquad m_x = \left(p - \frac{n_o}{R}\right)\frac{x^2}{2} - m_o$$

Este caso simples exprime a diferença entre a aproximação cinemática e a aproximação estática e mostra que a carga de rotura pode ser avaliada por ambas as maneiras; contudo, tendo em vista a determinação do campo das forças interiores (no nosso caso os momentos longitudinais e as forças segundo as circunferências) a aproximação estática é necessária.

7.4 Com o fim de obter, para as cascas ortotrópicas a equação da superfície de cedência, ou no caso de uma casca cilíndrica não sujeita a forças axiais, a curva de cedência, vamos agora usar a condição de cedência de Huber-Mises generalizada para corpos plàsticamente anisotrópicos, em função das tensões principais.

(7.13)

$$\frac{\sigma_1^2}{\sigma_{01}^2} - \sigma_1\sigma_2\left(\frac{1}{\sigma_{01}^2} + \frac{1}{\sigma_{02}^2} + \frac{1}{\sigma_{03}^2}\right) + \frac{\sigma_2^2}{\sigma_{02}^2} = 1$$

Pondo $\sigma_1 = \sigma_x$ $\sigma_2 = \sigma_y$, considerando os limites de cadência (em relação a um valor dado) como: $\sigma_{02} = k\,\sigma_o$ $\sigma_{03} = \lambda\,\sigma_o$ $\sigma_{01} = \sigma_o$, e introduzindo as relações entre as tensões e as forças interiores sob a forma $n_o = 2\,k\,h\,\sigma_o$ $m_o = \sigma_o\,h^2$, onde h é o valor médio da espessura da casca, obtemos finalmente as relações seguintes para uma casca cilíndrica:

$$(7.15) \qquad N^2 + M^2\left[1 - \frac{k^2}{4}\left(1 + \frac{1}{k} - \frac{1}{\lambda}\right)^2\right] = 1$$

$$(7.16) \qquad M_\varphi = \frac{k}{2}\left(1 + \frac{1}{k} - \frac{1}{\lambda}\right)M = \frac{\omega}{2}M$$

onde:

$$N = \frac{n_\varphi}{n_o} \qquad M = \frac{m_x}{m_o} \qquad M_\varphi = \frac{m_\varphi}{m_o}$$

A representação gráfica destas relações pode ver-se na fig. 19. Por comparação são dadas também as curvas de cedência para diferentes condições de cedência, numa casca cilíndrica ortotrópica (cf. [16]).

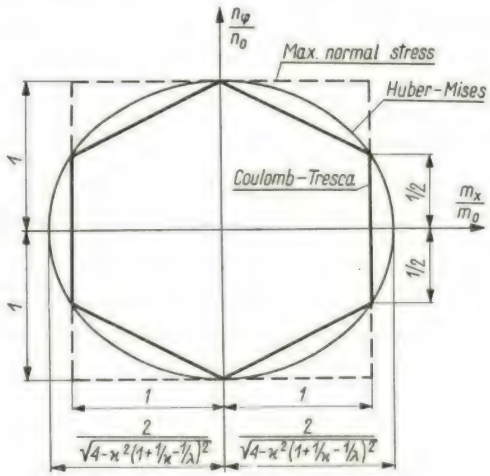


Fig. 19

Nesta base, e aproximando se necessário a condição de cedência não linear, para uma condição linear, numerosas soluções se podem obter para cascas cilíndricas ortotrópicas, sujeitas a uma pressão hidrostrática (variável com a coordenada vertical) empregando ambas as aproximações cinemática e estática.

É conveniente notar que, para um tal tipo de cargas, a casca pode sofrer uma destruição parcial. Em tais casos a rotura plástica pode não ocorrer necessàriamente no momento de se atingir a capacidade de carga de toda a casca. A fig. 20 pretende ilustrar o fenómeno da rotura parcial apresentando exemplos de distribuição de momentos desfavoráveis para a casca.

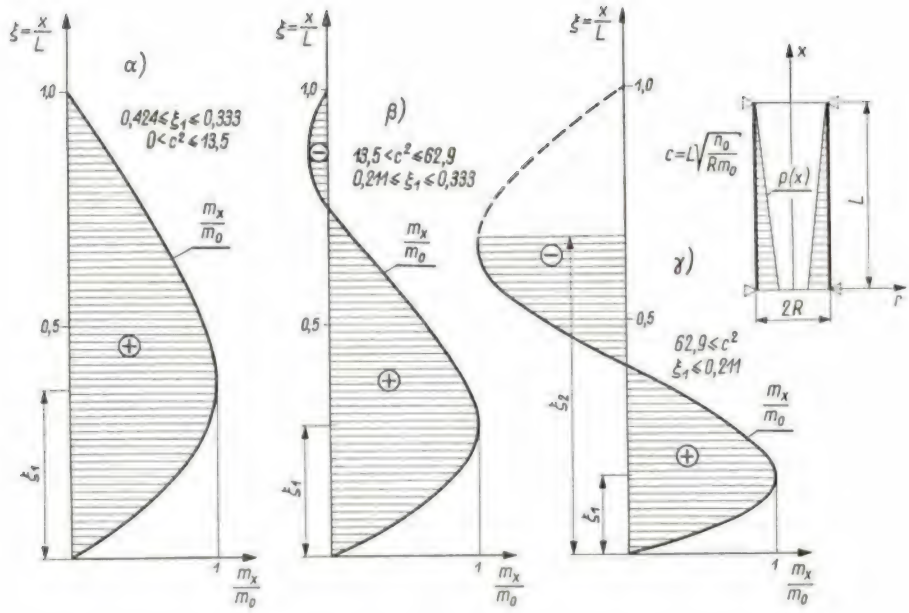


Fig. 20

A carga de rotura e a distância do círculo de articulação plástica são dadas pelas expressões:

$$(7.17) \qquad P_o = \frac{3\,(1-2\,\xi_1)}{3\,\xi_1^2-6\,\xi_1+2} = \frac{p\,(o)\,n_o}{R}$$

$$(7.18) \qquad c^2 = \frac{2\,(3\,\xi^2-6\,\xi_1+2)}{\xi^2\,(\xi_1-1)^2}$$

onde:

$$\xi = \frac{X}{L} \qquad c^2 = \frac{L^2\,n_o}{R\,m_o}$$

representam parâmetros característicos das dimensões e ortotropia da casca.

A fig. 21 representa a variação da carga de rotura para cascas ortotrópicas deste tipo. Partindo do parâmetro $c^2 = 62{,}9$ tem lugar a rotura parcial correspondendo-lhe um diagrama de momentos que a fig. 21 indica.

É conveniente acrescentar que o coeficiente de ortotropia plástica mais económico também pode ser determinado na análise e cálculo de cascas.

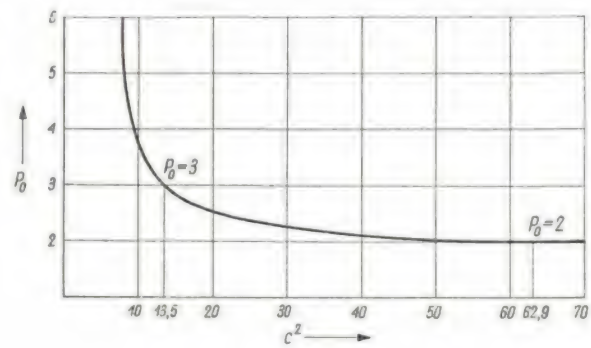


Fig. 21

8 — CASCAS HETEROGÉNEAS

8.1 Para as cascas heterogéneas a equação da hiper-superfície de cedência depende não só das componentes das forças interiores S_i mas tambem das coordenadas do ponto considerado

$$F = [S_i\ K\ (x_k)]$$

onde $K\ (x_k)$ $(k = 1, 2, 3,)$ é a função determinante da heterogeneidade plástica.

Fàcilmente se compreende que a introdução da noção de heterogeneidade plástica complique o problema do cálculo plástico das cascas. Há contudo um aspecto para o qual a introdução da noção de heterogeneidade pode facilitar o cálculo e tornar possível a determinação da carga de rotura em cascas de determinado tipo de heterogeneidade: é o caso das cascas pré fabricadas.

Consideremos, por exemplo, uma casca de revolução sujeita a uma carga simétrica axialmente, tendo presente o seu funcionamento como membrana.

Tais cascas são estàticamente determinadas e no caso geral não é possível atingir-se o estado plástico em toda a casca sem afectar o seu fun-

cionamento como membrana. Contudo, por escolha conveniente da heterogeneidade plástica uma tal casca pode resultar inteiramente plástica.

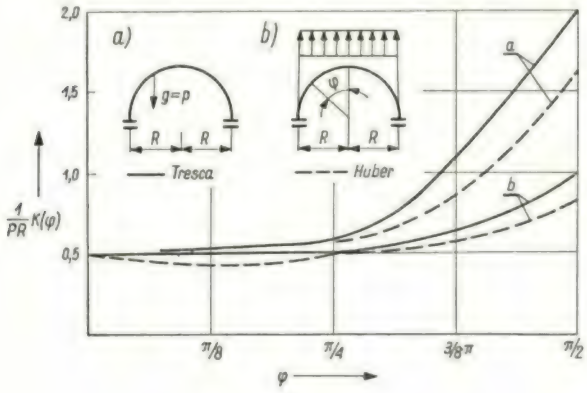


Fig. 21

Assim, por exemplo, uma casca esférica de raio R, de um material satisfazendo a condição de Huber-Mises, passa inteiramente ao estado plástico se a heterogeneidade é determinada pela relação:

$$(8.2) \qquad K(\varphi) = (R^2 Z^2 - 3 R Z n_\varphi + 3 n_\varphi)^{\frac{1}{2}}$$

onde:

$$(8.3) \qquad n_\varphi = - \frac{P}{2 \pi r_0 \operatorname{sen} \varphi}$$

Nestas expressões Z representa a componente da carga exterior normal à superfície da casca, sendo P a força total vertical a que está sujeita a porção de casca cortada por um plano onde r_0 é o raio do circulo de intersecção.

A condição Coulomb-Tresca conduz a uma função de heterogeneidade um pouco diferente.

A fig. 22, mostra alguns exemplos de heterogeneidade (p. ex. espessura variável) para uma casca passando inteiramente ao estado plástico, sob a acção do seu peso próprio e de uma carga uniforme.

8.2 Com base na equação (8.2) e (8.3) podemos encontrar para novas formas de cascas caracterizadas por determinadas relações como, igualdade das forcas de membrana, momento limite com determinado valor, etc.

Seja por exemplo, para as cascas esféricas, admitido o postulado:

$$(8.4) \qquad n_\nu = n_\varphi$$

A função de heterogeneidade será:

$$(8.5) \qquad K_\varphi = \frac{p_0 R}{2} e^\varphi$$

A determinação dos campos das variações dos deslocamentos para cascas heterogéneas não difere, em princípio, da maneira como se procede no caso de estruturas homogéneas.

Contudo o número de soluções que dizem respeito às cascas plàsticamente heterogéneas é até agora escasso; isso impede um tratamento mais detalhado da questão sendo apenas possível um breve apanhado de ideias fundamentais.

9 — BIBLIOGRAFIA

[1] H. Craemer, Ideal-plastische isotrope und orthotrope Platten bei Vollausnutzung aller Elemente, Ingenieur-Archiv, 1955, n.° 3

[2a] D. C. Drucker, W. Prager, H. I. Greenberg, Extended Limit Design Theorems for Continuous Media, Quart. Appl. Math., Vol. 9, 1952.

[2b] D. C. Drucker, Limit Analysis of Cylindrical Shells Under Axially-Symmetric Loading, Proc First Midw. Conf Solid Mech., 1953.

[3] A. A. Gvozdev, Evaluation of Limit Load for Statically Undeterminate Structures, Proekt i Standart, n.° 8, 1934/in Russian/.

[4] R. Hill The Mathematical Theory of Plasticity Oxford 1950.

[5] P. G. Hodge, Jr. Rigid-Plastic Analysis of Simmetrically Loaded Cylindrical Shells, Journal of App. Mech., 1954, n.° 3.

[6] H. G. Hopkins, W. Prager, Load Carrying Capacities of Circular Plates, Journ. Mech. Phys. Solids, 1953.

[7] K. W. Johansen, Brudlinienteorier, Gjerups Forlag, Copenhagen, 1943.

[8] D. Niepostyn, Limit Analysis of an Orthotropic Circular Cylinder, Arch. Mech. Stosow., 1956, n.° 4.

[9] D. Niepostyn Nosnose Graniczna prostokatnych plyt ortotropowych obciazonych w sposób ciagly. Zesz. Nauk. Polit. Warsz., Budowictwo 1956, n.° 6.

[10] W. Olszak, Teoria nosnosci granicznej plyt ortotropowych. Budownictwo Przemyslowe 1953, n.° 7-8.

[11] W. Olszak, Zagadnienie ortotropii w teorii nosnosci granicznej plit, Arch. Mech. Stos. 1953, n.° 3.

[12] W. Olszak, Probleme der Grenzlast theorie der Orthotropen Platten, Acta Technica Acad. Scient. Hung. 1956, n.° 1-2.

[13] W. Olszak, O podstawach teori i cial spezystoplastycznych niejednorodnych. Arch. Mech. Stos., 1954, n.° 3-4.

[14] W. Olszak, Plane Problems of the Theory of Plastic Flow of Non-Homogeneous Bodies. Bull. Acad. Pol. Sci. 1955, n.° 3.

[15] W. Olszak, P. Perzyna, Extremum Theorems in the Theory of Plasticity of Non-Homogeneous and Anisotropic Bodies. Arch. Mech. Stos. 1957, n.° 6

[16] W. Olszak, A. Sawczuk, Die Grenztragfähigkeit von zylindrischen Schalen bei verschiedenen Formen der Plastizitätsbedingung. Acta Technica Acad. Sci. Hung. /in press/.

[17] W. Urbanowski, The Plastic Potential and the Generalized Distortion Energy of Non Homogeneous Anisotropic Elasto-Plastic Bodies, Arch. Mech. Stos. 1956, N.° 4.

[18] E. T. Onat, W. Prager, Limit Analysis of Shells of Revolution. Kominkl. Nederl. Akad. van Wettenschappen, Proceedings, Series B, 1954, N.° 5.

[19] W. Prager, P. G. Hodge Jr, Theory of Perfectly Plastic Solids, New York, 1951.

[20] W. Prager, General Theory of Limit Design, Proc. 8th Congr. of Appl. Mech., Istambul, 1952.

[21] W. Prager, Probleme der Plastizitätstheorie, Zurich, 1956.

[22] A. R. Rzhanitzyn, Calculation of Structures Taking in to Consideration the Plastic Properties of Materials /in Russian/ Moscow, 1949, Sec. ed. 1954.

[23] A. Sawczuk, O mozliwosciach praktycznego korzystania z rozwiazan teorii nosnosci granicznej plyt, Arch. Inzyn. Lad, 1956, N.° 1-2.

[24] A. Sawczuk, Grenztragfähigkeit der Platten, Bauplanung Bautechnik, 1957, N.° 7-8.

[25] A. Sawczuk, Some Problems of Load Carrying Capacities of Orthotropic and Non-Homogeneous Plates, Arch. Mech. Stos., 1956, N.° 4.

[26] A. Sawczuk, Nosnosc graniczna stropów grzybkowych.
Ksieg Pamiatkowa ku czci W. Wierzbickiego /W druku/

[27] A. Sawczuk, M. Kwiecinski, Nosnosc graniczna ustrojów plytowo-zebrowzch, Arch. Inz. Ladowej, 1957, N.° 2.

[28] Z. Sobotka, Theorie plasticity a meznich stavu stavebnych konstrukci, Praga, 1955.

[29] R. H. Wood, Studies in Composite Constructions, Part II, London, 1955.

Congressos Internacionais de Irrigação e Drenagem

A Comissão Internacional de Irrigação e Drenagem, com sede em Nova Delhi (União Indiana), iniciou já a publicação dos «Comptes-rendus» do IV Congresso Internacional de Irrigação e Drenagem, realizado em Madrid, 1960.

Para a aquisição dessa colecção em 5 volumes, o pedido deve ser feito por intermédio da Comissão Nacional Portuguesa, acompanhado do cheque no valor de Rps. 100.00 (ou U. S. $21,52), pagável à ordem de «The International Comisionon Irrigation and Drainage».

Se a encomenda for feita antes de 31 de Dezembro próximo, o comprador terá direito ao desconto de 10 %.

Também durante este limitado prazo, e nas mesmas condições, os interessados poderão adquirir a colecção de 5 volumes relativa ao III Congresso Internacional de Irrigação e Drenagem — São Francisco da Califórnia — 1957, ao preço de Rps. 40/— (ou U. S. $8,61).

Colóquio sobre a durabilidade dos betões

De 31 de Julho a 5 de Agosto de 1961 realizar-se-á na cidade de Praga (Checoslováquia) a XV sessão da Comissão Permanente da RILEM (Reunião Internacional do Laboratório de Ensaios e de Pesquisas sobre os Materiais e as Construções).

Aproveitando esta ocasião, está organizado para então um colóquio internacional de 2 dias sobre a durabilidade dos betões.

Os problemas que se levantarão estão agrupados em 5 classes:

1) Problemas técnicos da durabilidade do betão.
2) Mecanismo da deterioração da estrutura normal do betão.
3) Ensaios e controle da durabilidade do betão.
4) Composição e produção do betão de grande durabilidade.
5) Experiências adquiridas com construções de betão.

BIBLIOTECA
FICHEIRO

Classificadores responsáveis:

João Carvalho Marques, António Pires Carreto, José Manuel Gonçalves, Alberto Romão Dias e Rui Rocha Santos

---

Recortar as indicações bibliográficas que formam uma ficha e estão encimadas por CDU (Classificação Decimal Universal).

Colar cada referência num pequeno rectângulo de cartolina de 75 × 125 mm.

Ordenar pelos índices decimais, *começando da esquerda para a direita,* independentemente do número de algarismos que o índice contiver, e respeitando a seguinte regra de arrumação dos sinais auxiliares:

+ / n.os simples : [ ] = (01/09) (1/9) (=) " "A/Z — .0 .00

Consultar, em casos duvidosos, a exemplificação inserida na «Técnica» n.º 218 e seguintes, ou recorrer à Biblioteca da A. E. I. S. T.

Notar que a inserção das fichas nesta publicação respeita a ordem correcta, no intuito de a esclarecer o mais possível.

A comodidade de possuir no próprio local de trabalho um arquivo ordenado e de fácil consulta sobre assuntos que se sabe onde existem, é uma das evidentes vantagens de um ficheiro classificado segundo a CDU.

Os assuntos de que estas fichas são referência ficam patentes à consulta a partir desta data.

LIVROS

C. D. U. 54 (061.6 : 019.9)

Annual Reports

The Chemical Society, 1959, vol. 1, págs. 476.

ARTIGOS DE REVISTAS

C. D. U. 338 «1960.03/.05» (469)

A produção industrial em Março, Abril e Maio de 1960.

Indústria Portuguesa, 6/7-960, vol. 33, n.º 388-389, pág. 291-292.

C. D. U. 338.5

Cum se reflectă êndeplinire a planului pretului de cost al productiei în metoda «Jurnal-Order» — *D. Rusu; T. Neagu; G. Brucmaier.*

Bul. Inst. Politehnic din Iasi, 1959, vol. V (IX), n.º 1-2, pág. 435-442 + 3 gráficos.

C. D. U. 338.924 (469)

Política Industrial — *José do Nascimento Ferreira Dias Júnior.*

Rev. Faculdade de Engenharia (Porto), 1/6-960, vol. 25 n.º 1, pág. 3-32.

C. D. U. 385

O transporte económico de passageiros nas estradas de ferro — *Paulo de Andrade Mariins Costa.*

Rev. Club Engenharia, 2-959, n.º 270, pág. 30-36.

C. D. U. 512.31

Asupra unei demonstratii a teoremei lui Weierstrass (Acerca duma demonstração do teorema de Weierstrass) — *D. D. Stancu.*

Bul. Inst. Politehnic din Iasi, 1959, vol. V (IX), n.º 1-2, pág. 47-50.

C. D. U. 512.8

O clasă de inegalităti (Uma classe de desigualdades) — *Al. Climescu.*

Bul. Inst. Politehnic din Iasi, 1958, vol. IV (VIII), n.º 3-4, pág. 1-4.

C. D. U. 513.736.36

Sur une présentation de la théorie des surfaces minima — *Georges Burion.*

Bul. Inst. Politehnic din Iasi, 1958, vol. V (VIII), n.º 34, pág. 75-76.

C. D. U. 513.813

Propriétés conformes des espaces de Riemann généralisés (I) — *Viorel Murgescu.*

Bul. Inst. Politehnic din Iasi, 1958, vol. IV (VIII), n.º 3-4, pág. 77-80.

C. D. U. 513.83

L'espace des courbes ets-il un espace de Banach? — *Maurice Frechet.*

Bul. Inst. Politehnic din Iasi, 1959, vol. V (IX), n.º 1-2, pág. 31-34.

Tabelas para o Cálculo de Betão Armado

POR FERNANDO VASCO COSTA

4.ª edição revista e aumentada pelo autor e por

JOÃO D'ARGA E LIMA

A aparecer dentro de breves dias

Pedidos à Técnica

TOPOGRAFIA GERAL

Pelo Eng.º A. C. Xerez

1.º Volume

2.ª edição revista e aumentada

Preço de cada volume 150$00

MANUAL DE HIDRÁULICA

Pelo Eng.º Armando C. Lencastre

Preço 150$00

Dicionário de Unidades e Tabelas de Conversão

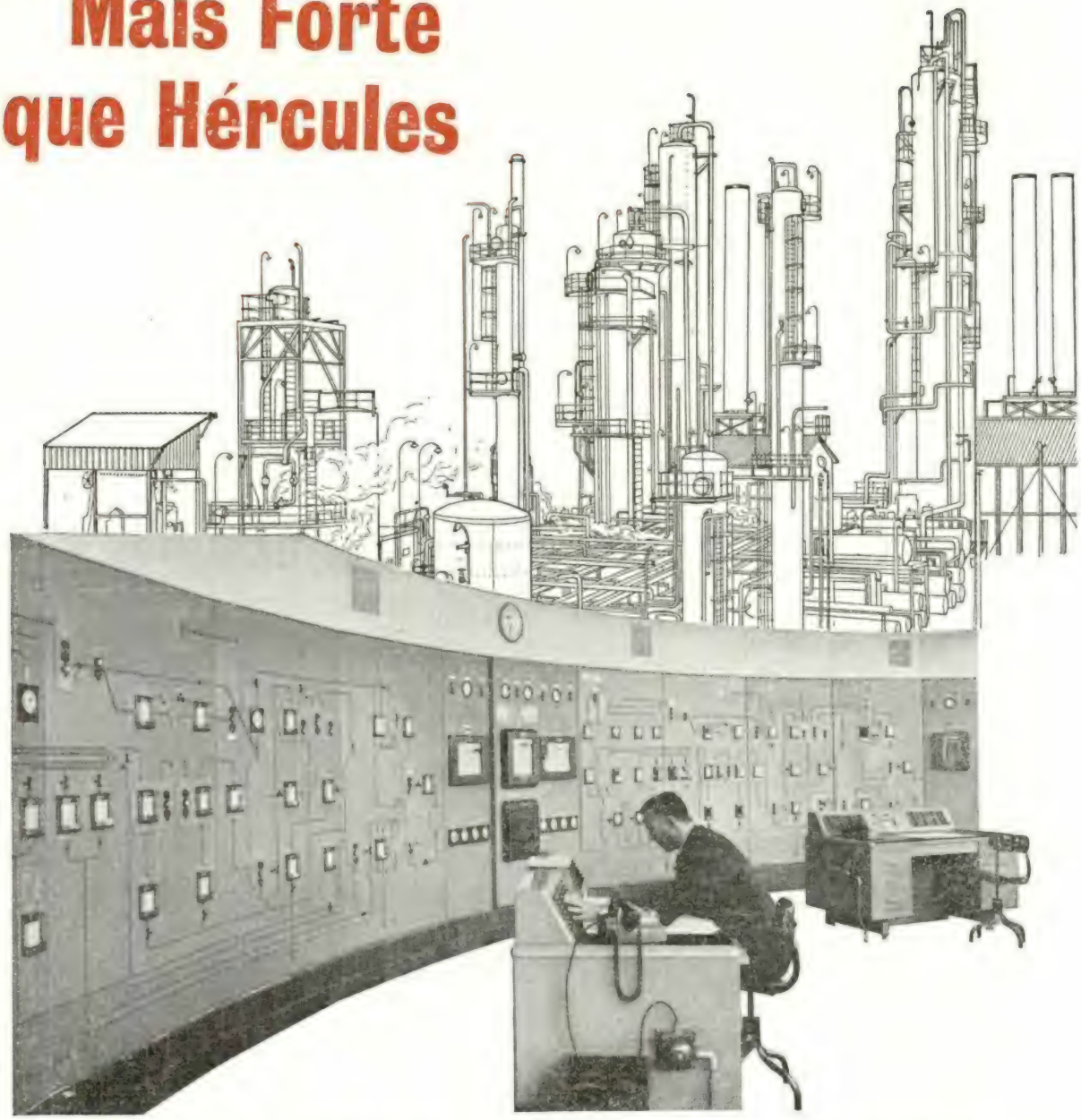
Pelo Eng.º Vasco Costa e Osvaldo Francês

Preço 35$00

Pedidos à "Técnica"

Desconto: 10 % aos assinantes

Mais Forte que Hércules



Todos os dias homens como este, em instalações fabris por todo o mundo, são os detentores da força com que exercer e dominar um poder colossal muito superior ao jamais atribuído ao mitológico Hércules. Dispondo do completo domínio desta sua tremenda força, estes homens desintegram e combinam as moléculas de materiais existentes na Natureza e apresentam depois produtos valiosíssimos como petróleo, plásticos, borrachas, fertilizadores e tantos outros produtos químicos. Os engenheiros em Kellogg House têm facultado o *como* e o *porquê* tecnológicos—a um custo económico—para criar muitas das facilidades de processagem que permitem ao homem vulgar a execução das tarefas requeridas pela indústria hodierna. A Kellogg acolhe com agrado todos os inquéritos dos que têm a seu cargo a direcção e administração de facilidades de processagem.

M KELLOGG W

KELLOGG INTERNATIONAL CORPORATION

KELLOGG HOUSE · 7-10 CHANDOS STREET · CAVENDISH SQUARE · LONDON W.1

SOCIETE KELLOGG · PARIS · THE CANADIAN KELLOGG COMPANY LTD · TORONTO
KELLOGG PAN AMERICAN CORPORATION · BUENOS AIRES · COMPANHIA KELLOGG BRASILEIRA
RIO DE JANEIRO · COMPAÑIA KELLOGG DE VENEZUELA · CARACAS

Subsidiárias de **THE M. W. KELLOGG COMPANY** NOVA IORQUE

C. D. U. 517.941.42

Sobre a estabilidade dos movimentos periódicos (em russo, resumos em francês e romeno) — *V. M. Starginski.*
Bul. Inst. Politehnic din Iasi, 1958, vol. IV (VIII), n.º 3-4, pág. 9-68; 1959, vol. V (IX), n.º 1-2, pág. 51-100.

C. D. U. 518.3

Resolução de equações algébricas e transcendentes com a régua de cálculo — *Filipe de Paiva Brandão.*
Engenharia (Porto), 11-959, n.º 25, pág. 8-12.

C. D. U. 518.5 : 621.389

El lenguaje de los computadores — *Antonio Fernandez de Trocóniz.*
Dyna, 4-960, vol. 35, n.º 4, pág. 286-293.

C. D. U. 523.28

Le planétarium — *H. C. King.*
Endeavour, 1-959, vol. 28, n.º 69, pág. 39-44.

C. D. U. 526.1

Solução geral dum problema fundamental de geodesia (em russo, resumo em alemão e romeno). — *V. N. Ganschin.*
Bul. Inst. Politehnic din Iasi, 1959, vol. V (IX), n.º 1-2, pág. 377-380.

C. D. U. 526.5

Ausführung des Statischen Koordinatenansgleichung — *I. Hazay.*
Acta Technica, 1959, vol. XXIII, n.º 4, pág. 397-472

C. D. U. 531.711

La unidad física de longitud — *Juan V. Martín Zorraquino.*
Dyna, 3 960, vol. 35, n.º 3, pág. 186-187.

C. D. U. 532.517.2

Sobre a classificação dos problemas da teoria do escoamento permanente das águas subterrâneas num plano vertical (em russo; resumos em francês e em romeno) — *G. K. Mikailov.*
Bul. Inst. Politehnic din Iasi, 1959, vol. V (IX), n.º 1-2, pág. 125-134.

C. D. U. 536.222

Transmissión de calor por liquidos en ebulición — *Pedro M.ª Pera.*
Dyna, 3-960, vol. 35, n.º 3, pág. 174-185.

C. D. U. 537.523.5

Arc electric cu electozi din sticlă. (O arco eléctrico entre electrodos de vidro) — *Irina Mihul; Gh. Tacu.*
Bul. Inst. Politehnic din Iasi, 1958, vol. IV (VIII), n.º 3-4, pág. 129-134.

C. D. U. 538

Hidromagnetismo — *Antonio Corró Muntaner.*
Dyna, 9-960, vol. 35, n.º 6, pág. 654-679.

C. D. U. 539.152.1 : 546.292.1 : 546.46

Structure nucléaire du $_{10}$Ne et $_{12}$Mg — *C. G. Bedreag.*
Bul. Inst. Politehnic din Iasi, 1959, vol. V (IX), n.º 1-2, pág. 143-150.

C. D. U. 539.16.08

Detecção de partículas com emulsões nucleares — *Jose Gomes Ferreira.*
Gazeta de Física, 1-960, vol. 3, n.º 8, pág. 231-235.

C. D. U. 539.31

Breves noções da teoria da electricidade com aplicação à resistência de materiais — *João Zabelo Balseiro.*
Rev. Sind. Nac. Ag. Téc. Eng. e Cond., 4-960, vol. 15, n.º 2, pág. 78-85.

C. D. U. 539.413.011.25 : 624.023.82 : 620.174

A determinação dos momentos de rotura em peças de betão armado sujeitas a flexão simples — *Joaquim da Conceição Sampaio.*
Engenharia (Porto), 7-957, n.º 23, pág, 37-50.

C. D. U. 546.299

Les éléments transuraniens — *Gleen T. Seabory.*
Endeavour, 1-1959, vol. 28, n.º 69, pág. 5-13.

C. D. U. 547.391.3-261-92.02

Comparaison ontre les distributions des masse moléculaires de deux échantillons de polymethacrylate de méthyle — *M. Daume* e *L. Freund.*
Industrie des Plastiques Modernes, 4-959, vol. 11, n.º 4, pág. 39-40.
7 ref. bibliográficas.

C. D. U. 621.165

Estudio de las turbinas de varios escalones con recuperación de la velocidad de salida — *José Luis Azpiazu.*
Dyna, 11-959, vol. 34, n.º 11, pág. 826-831.

C. D. U. 621.165

L'évolution de la turbine STAL au cours des derniérs années — *Larsson, C.*
ASEA-Revue 32 (1960). 2, pág. 27-34.

C. D. U. 621.187

A look at generating station automation — *R. A. Bakes.*
Combustion, 9-960, vol. 32, n.º 3, pág. 36-40.

C. D. U. 621.183

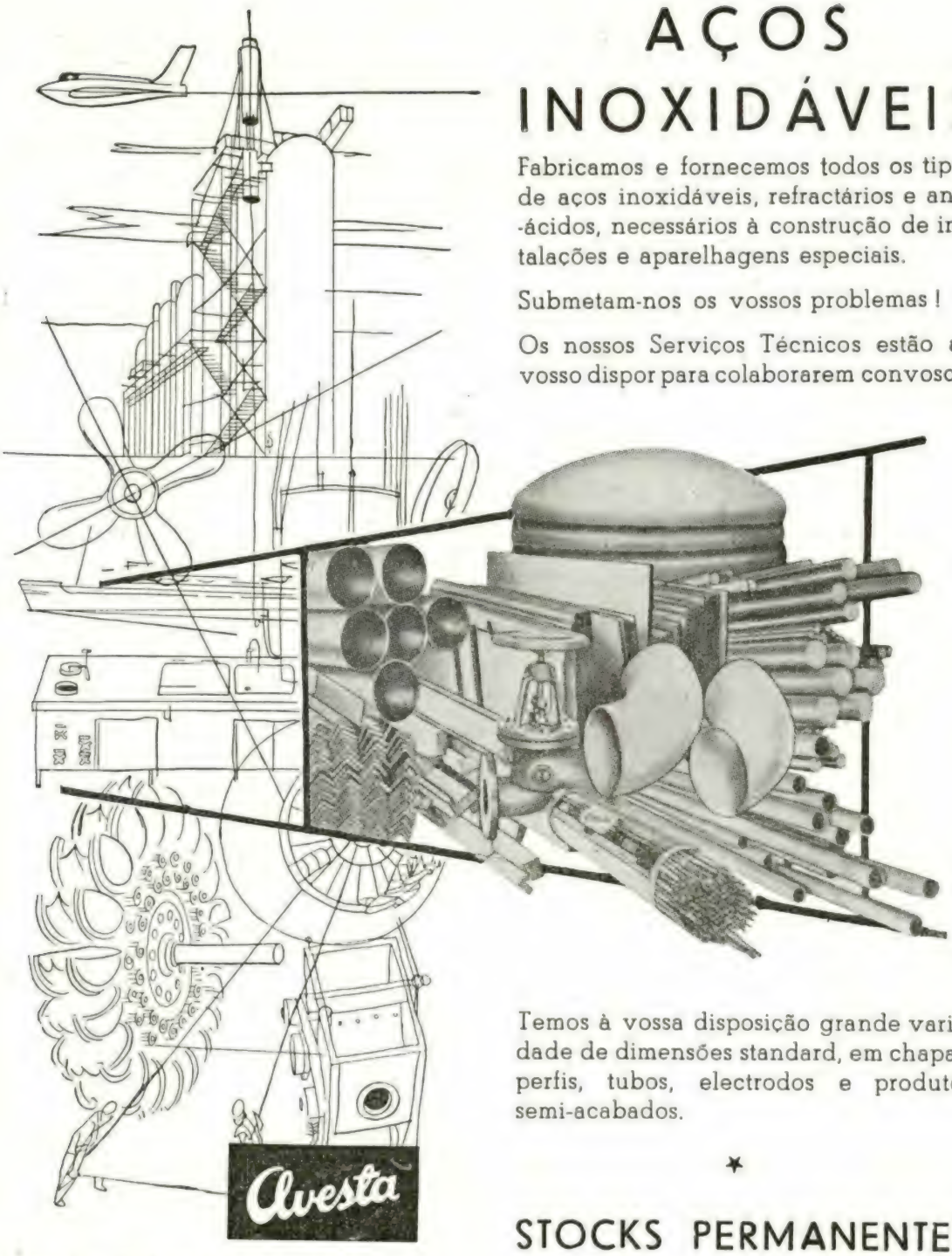
Preventing furnace explosions — *W. L. Livingstou.*
Combustion, 9-960, vol. 32, n.º 3, pág. 26-33.

AÇOS INOXIDÁVEIS

Fabricamos e fornecemos todos os tipos de aços inoxidáveis, refractários e anti-ácidos, necessários à construção de instalações e aparelhagens especiais.

Submetam-nos os vossos problemas!

Os nossos Serviços Técnicos estão ao vosso dispor para colaborarem convosco.



Temos à vossa disposição grande variedade de dimensões standard, em chapas, perfis, tubos, electrodos e produtos semi-acabados.

*

STOCKS PERMANENTES

AVESTA JERNVERKS AKTIEBOLAG
AVESTA — SUÉCIA

Representantes Exclusivos para Portugal e Ultramar:

A. JOHNSON & Co (PORTUGAL), L.DA

SEDE EM LISBOA:
Praça José Fontana, 11-1.º
Telef. 479 61 — 479 93 — 479 97

FILIAL NO PORTO:
R. Dr. António Granjo, 160/168
Telef. 5 4666

C. D. U. 621.224 : 621.438

Quelques travaux sur les turbo machines effectués a l'Université de Bruxelles — *André L. Jaumotte.*
Energie, 1/3-960, n.° 150, pág. 42-56.

C. D. U. 621.3.014.3

Los cortocircuitos en las instalaciones — *Francisco Salmador Alvarez.*
Dyna, 10-60, vol. 35, n.° 10, pág. 770-777.

C. D. U. 621.311.1.015.2

Quedas de tensão em linhas de carga variáveis — *Fernando Ribeiro Gomes.*
Rev. Sind. Nac. Ag. Téc. e Cond., 4-60, vol. 15, n.° 2, pah. 64-73.

C. D. U. 621.311.2

Usinas «Núcleo Fléctricas» eu «Usinas Hidroeléctricas» — *Amaury Alves de Menezes.*
Rev. Clube Engenharia, 2-959, n.° 270, pág. 23-26.

C. D. U. 621.311.21 (57)

La construction des centrales hydroélectriques en Sibérie. La cascade d'Angara — *Ilya Krasnochtchekov.*
Energie, 4/6-960, r.° 151, pág. 113-115.

C. D. U. 621.311.21 (71)

La centrale de Rapide Blanc au Canada — *Carmo, R.*
ASEA-Revue 32 (1960) : 1, pág. 12-14.

C. D. U. 621.313.1.042.4

Méthode électronique de centrage des machines électrlques de grandeur moyene — *Dahle, O. et Uglum, O.*
ASEA-Revue 32 (1960) : 2, pág. 44-46.

C. D. U. 621.313.222

Comportarea motorului de curent continue cu excitatie serie, la alimentarea sa cu o tensiune mărită — *V. Corlăteam ; Zaira Murgu.*
Bul. Inst. Politehnic din Iasi, 1959, vol. V (IX), n.° 1-2, pág. 277-290.

C. D. U. 621.313.322

Alternateurs synchrones à tension constante — *Wunderlin, V.*
Rev. Brown Boveri, t. 46 (1959), n.° 10, pág. 555 a 563; 9 fig., 2 ref. bibliogr.

C. D. U. 621.313.325

Compensateur synchrone de 40 MVA pour le Canada — *Garmo, R.*
ASEA-Revue 32 (1940):5, pág. 129-132.

C. D. U. 621.314.21

Transformadores refrigerados a quartzo — *José Mariano Ferreira.*
Rev. Sind. Nac. Ag. Téc. Eng. e Cond., 4-960, vol. 15, pág. 74-77.

C D. U. 621.314.212

Les transformateurs de Stornorrfors — *Sollergren, B.*
ASEA-Revue 32 (1960):1, pág. 3-11.

C. D. U. 621.314.63

Redresseurs au germanium et au silicium — *Borg, L. et Wenström, J.*
ASEA-Revue 32 (1960):4, pág. 86-90.

C. D. U. 621.316.37.064.1.001.4

Essais de tenue aux arcs électriques des cellules de postes à haute tension — *Mayer A.*
Rev. Brown Boveri, t. 49 (1960), n.° 9, pág. 507-524; 20 fig.

C. D. U. 621.316.53

Nouveaux contacteurs et coffrets à contacteur pour 10 A — *Carlsson, J. E.*
ASEA-Revue 32 (1960):3, pág. 65-68.

C. D. U. 621.316.549

Nouveaux interrupteurs de fin de course — *Törnros, E.*
ASEA-Revue 32 (1960):1, pág. 20-22.

C. D. U. 621.366.722

Da estabilidade dos reguladores de tensão — *Franklin Guerra.*
Engenharia — Porto, 7-957, n.° 23, pág. 1-9.

C. D. U. 621.317.2 : 621.3.027.7

Le nouveau laboratoire à courants intenses de Ludvika — *Zinck-Petersen, J.*
ASEA-Revue 32 (1960):5, pág. 107-113.

C. D. U. 621.317.2 : 626.316.5

Le nouveau laboratoire à grande puissance de l'Asea à Ludvika — *Thorén, B.*
ASEA-Revue 32 (1960):4, pág. 75-85.

C. D. U. 621.317.49 : 531.78

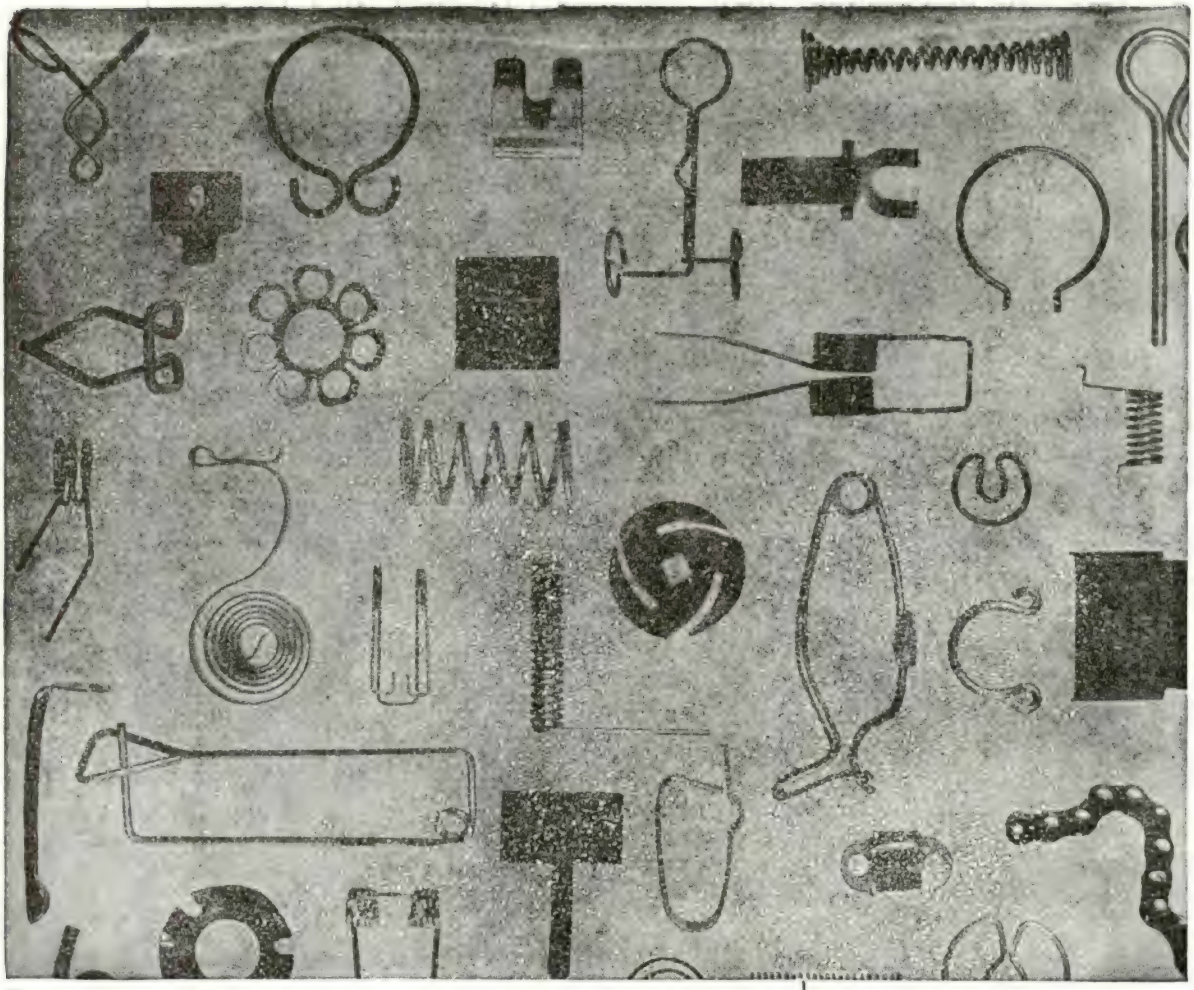
The ring torductor — a torque-gauge, without slip rings, for industrial measurement and controls - *Dahle, O.*
ASEA-Journal 33 (1966):3, pág. 23-32.

C. D. U. 621.389 : 518.5

Los metodos analogicos. Notas para un experimental gabinete de automatismos — *Francisco Javier Escudero*
Dyna, 10-960, vol. 35, n.° 10, pág. 734-756.

C. D. U. 621.396.5 : 621.371

Etude faite sur la propagation des ondes électromagnétiques en région montagneuse en vue de l'établissement de liaisons au moyen de radiotéléphones Brown Boveri — *Poleschinski, E. R.*
Rev. Brown Boveri, t. 46 (1959); n.° 10, pág. 564-572; 9 fig. 8 ref. bibliogr.



P 175

Quality springs presswork and accessories

Experts in the design and manufacture of springs and presswork for more than 100 years, Terrys are known all over the world for quality and dependability. They produce millions of parts every year—each one precision-made for its specific purpose. Terrys Research Department has a wealth of specialised experience and know-how and will gladly advise on the right design of spring or presswork for your particular problem.

Some of Terrys many accessories

Tool clips
Security Hose clips
Metric spanners
Boxes of assorted springs
Midget spanner sets
Circlips
Flexible shaft
Belleville washer

TERRYS

HERBERT TERRY & SONS LTD, REDDITCH, ENGLAND

C. D. U. 621.43-4

Influenta injectiei cu apă asupra unor parametri ai diagramei indicate la motoarele cu electroaprindere — *C. Picos.*
Bul. Inst. Politehnic din Iasi, 1959, vol. V (IX), n.° 1-2, pág. 369-376.

C. D. U. 621.438 : 621.224

Quelques travaux sur les turbomachines effectués à l'Université de Bruxelles — *André L. Jaumotte.*
Énergie, 1/3-960, n.° 150, pág. 42-56; 4/6-960, n.° 151, pág. 93-112.

C. D. U. 621.643.2

Cálculo de carga por atrito em canalizações que conduzem gasolina ou gasóleo — *J. M. Valdes Roig.*
Rev. Sind. Nac. Eng. Aux. Ag. Téc. Eng. e Cond., 7-959, vol. 14, n.° 3, pág. 29-31.

C. D. U. 621.776

Construcción de fondos para depósitos y calderas — *José M. Trevigano.*
Dyna, 9-960, vol. 35, n.° 9, pág. 692-699.

C. D. U. 621.81

Correlation between roughness, machining process, dimension, quality and function in the engine parts construction — *N. G. Popinceanu; M. D. Gafiteanu.*
Bul. Inst. Politehnic din Iasi, 1959, vol. V (IX), n.° 1-2, pág. 339-360.

C. D. U. 621.9-83

L'équipement électrique des grandes machines-outils — *Steinebrunner, M.*
Rev. Brown Boveri, t. 46 (1959), n.° 10, pág. 543-555; 10 fig., 1 ref. bibliogr.

C. D. U. 622.67

An interesting mine-hoist delivery to Scotland — *Mark, A.*
ASEA-Journal 33 (1960):3, pág. 33-39.

C. D. U. 624.023·6

Asupra unei bolti cu caracteristici speciale (Sobre uma cúpula com características especiais) — *Gh. Urusciu; F. Constantinescu; L. Constantinescu.*
Bul. Inst. Politehnic din Iasi, 1959, vol. V (IX), n.° 1-2, pág. 381-384.

C. D. U. 624.131.4.001.4

Ensaios do Solo «in situ» e sua utilidade — *I. da Silveira.*
Rev. Municipal de Engenharia, 1/6-959, vol. 29, n.° 1-2, pág. 21-26.

C. D. U. 625.032.2

Sobre o processo mecânico de regularização das curvas pela correcção das flechas — *Filipe de Paiva Brandão.*
Rev. Fac. Engenharia do Porto, 1/6-960, vol. 25, n.° 1, pág. 57-80.

C. D. U. 627.4

Algunas contribuciones a la hidrotecnia — *José S. Gandolfo.*
La Ingenieria, 1960, vol. 64, n.° 978, pág 73-79.

C. D. U. 627.51

Amortecimento de pontas de cheia — *Luiz Amilcar de Almeida.*
Engenharia — Porto, 7-957, n.° 23, pág. 10-16.

C. D. U. 628.16

Potabilidade gas águas de consnmo (continuação) — *Carlos Coutinho.*
Rev. Sind. Nac. Ag. Téc. Eng. e Cond., 4-960, vol. 15, n.° 2, pág. 86-97.

C. D. U. 628.16 [539.16]

Eficiência do tratamento de água na descontaminação radioactiva — *Ataulpho dos Santos Coutinho.*
Rev. Clube Engenharia, 4-959, n.° 272, pág. 33-38.

C. D. U. 628.971

L'éclairage des routes devient une nécessité urgente — *Marcel van Mosseveldе.*
Energie, 1/3-960, n.° 150, pág. 15-26.

C. D. U. 629.128.1

The building of a shipyard in Scaramanga near Athens, Greece — *F. van Klingeren.*
The Way Ahead, 12-959, vol. 8, n.° 2, pág. 10-19.

C. D. U. 658.51

El diseño de experimentos en la industria — *Sigfrido Mazza.*
Informaciones IRAM, 4/5-990, vol. 24, n.° 2, pág. 75-89.

C. D. U. 658.562 : 519.264

Controlul calitătii productiei pri motode statistice (Controle da qualidade da produção por métodos estatísticos) — *I. Lazaru.*
Bul. Inst. Politehnic din Iasi, 959, vol. V (IX), n.° 1-2, pág. 415-422.

C. D. U. 653.562

Gráficos de control y su aplicación — *Marcus Bestin.*
Informaciones IRAM, 4/5-960, vol. 24, n.° 2, pág. 90-95.

C. D. U. 666.76

Materiales refractarios para la industria del hierro y del acero. III parte — *José Maria Palacios Reparáz.*
Dyna, 10-960, vol. 35, n.° 10, pág. 757-769.

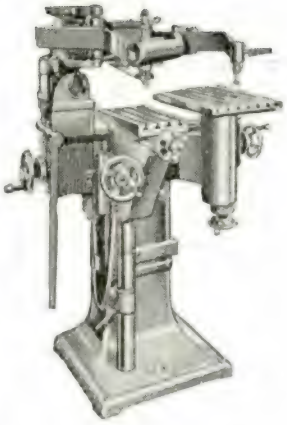
Alexander

Pantógrafos «Alexander» tri-dimensionais

Máquinas de copiar, por meio de pantógrafo, tri-dimensionais, usadas em quase todos os ramos da indústria de engenharia, para a produção de formas de formato irregular, moldes e cunhos.

O pantógrafo, regulado òpticamente, assegura o máximo de perfeição e detalhe na reprodução.

A árvore, regulada dinâmicamente, reduz ao mínimo e, muitas vezes, elimina a necessidade de se terminar, manualmente, qualquer trabalho.



Fresadoras «Alexander» para a preparação de ferramentas

São máquinas destinadas à fresagem de todas as ferramentas — as máquinas ideais para longos periodos de produção. Equipadas com uma série de dispositivos de alta concepção, permitem efectuar, pràticamente, todas as operações necessárias para fabricação de ferramentas, calibradores, peças acessórias, instrumentos para medidas de precisão, moldes, buris e ferramentas para cunhagem.

Gravadoras «Alexander»

A gravura mostra uma das séries de máquinas gravadoras «Alexander» bi-dimensionais. O modo de trabalhar com estas máquinas é tão simples, que até um operador inexperiente poderá conseguir com elas trabalho de alta qualidade, a grande velocidade.

Trabalhando a partir de moldes ampliados ou da mesa de copiar, poderão gravar-se letras e desenhos sobre muitos materiais.

Poderá também ser efectuada a perfilação de pequenas peças e a fabricação de cunhos, fresas e buris.

Utilizando guias de perfilação e dispositivos giratórios para gravar, poderá fazer-se também a gravação de letras e desenhos em superfícies côncavas e convexas.

Distribuidores para Portugal

CRUZ & CRUZ, L.DA

Rua da Conceição, 21
PORTO — PORTUGAL

Cementone
PRODUCTS

ADITIVOS PARA CIMENTO

PIGMENTOS
IMPERMEABILIZANTES
ENDURECEDORES
ACELERADOR DE PRESA
RETARDADOR DE PRESA
MEMBRANA DE CURA
PLASTIFICANTES DE ARGAMASSA
COMPOSTO PARA TINTAS DE CIMENTO

PRODUTOS DA INDÚSTRIA INGLESA DE ABSOLUTA GARANTIA

Ensaiados nos Laboratórios de Engenharia Civil

Representante exclusivo em Portugal:
OCIDENTE — Importador e Exportador, Lda.
R. Eduardo Coelho, 16
Telef.: 36 78 59-3 43 70
LISBOA

Distribuidor no Porto:
MANUEL CUNHA GOMES
R. Duque de Loulé, 37
Telef.: 2 93 72
PORTO

C. D. U. 669 . . . 89

Breves apontamentos sobre o polimento electrolítico — *M. Helena Mota.*

Engenharia (Porto), 7-957, n.º 23, pág. 17-19.

C. D. U. 629.187.2.036 : 621.365.2.036

Résultats du brassage inductif du bain des fours à arc — *Hammarlund, P. E. et Hanas, B.*

ASEA-Revue 32 (1960):5, pág. 114-124.

C. D. U. 675.02

Asupra sedimentării extractului de lemn de Stejar (Sur la détermination quantitative des sèdiments dans l'extrait de bois de chêne — *Gh. Alexa; Áglaia Chiriță; Gh. Chiriță.*

Bul. Inst. Politehnic din Iasi, 1959, vol. V (IX), n.º 1-2, pág. 241-252.

C. D. U. 675.02

Studiul tăbăcirii combinate Formol-Crom-Tanin — *Gh. Alexa, G. Chirita; V. Nănescu; I. Maior.*

Bul. Inst. Politehnic din Iasi, 1959, vol. V (IX), n.º 1-2, pág. 217-230.

C. D. U. 676 (46)

Modernización y nuevas instalaciones en las fabricas de papel y celulosa con maquinaria nacional — *F. de Castro.*

Dyna, vol. 35, n.º 3, pág. 188-194.

C. D. U. 677.1 : 678.02

Les fibres liberiennes comme armautre des stratifiés basse pression — *J. Torrilhon.*

Industrie des plastiques modernes, 1-959, vol. 11, n.º 1, pág. 51-53.

C. D. U. 678.01 : 539.3

Sur les bases des propriétés mécaniques des plastiques — *B. Bossu, M. Chatain, P. Dubois* e *J. Rougeaux.*

Industrie des plastiques modernes, 6-959, vol. 11, n.º 4, pág. 43-48. — 18 referências bibliográficas.

C. D. U. 678.027·7

Injections multiples à grande vitesse — *G. D. Gilmore et J. Decker.*

Industrie des plastiques modernes, 1-959, vol. 11, n.º 1, pág. 30-32.

C. D. U. 628.027.7 [661.24 : 669.28]

Un additif aux avantages multiples: le bisulfure de molybdène.

Industrie des plastiques modernes, 1-959, vol. 11, n.º 1, pág. 47-50.

C. D. U. 678.027 : (678.742.2 + 678.742.3

Formage des Feuilles de polièthylène et de polypropylène — *Rowe, R. Hanne, C. J. Comax.*

Industrie des plastiques modernes, 6-959, vol. 11, n.º 7, pág. 18-26.

C. D. U. 678.027.7

Le nouvel obturateur automatique Rep.

Industrie des plastiques modernes, 6-959, vol. 11, n.º 7, pág. 38-39.

C. D. U. 678.027.74

Extraction automatique des noyaux — *I. Mon Bächer.*

Industrie des plastiques modernes, vol. 11, 1-959, n.º 1, pág. 28-29.

C. D. U. 678.029 : 677.13

Les stratifiés à base de jute — *J. Torrilhon.*

Industrie des plastiques modernes, 4-959, vol. 11, n.º 4, pàg. 35-38 e seguintes.

C. D. U. 678.073 : 678.011

Relations entre les propriétés et les méthodes de moulage des thermoplastiques — *Michel Chatain.*

Industrie des plastiques modernes, 5-958, vol. 10, n.º 5, pág. 45-53.

C. D. U. 678.4.003

La industria del caucho y sus problemas — *J. Bertin-Roulleau.*

Rev. Ind. y Fabril, vol. 14, n.º 151, pág. r96-199.

C. D. U. 678 544.4.029

Étude du fraisage des feuilles en acétate de cellulose — *MM. Peignon e Delord.*

Industrie des plastiques modernes, 6-959, vol. 11, n.º 7, pág. 42-55.

C. D. U. 678.7 : 541.459

Corrélation entre l'activité des peroxydes et la polymérisation — *O. L. Mageli, S. D. Stengel e D. F. Doehnt.*

Industrie des plastiques modernes, 6-959, vol. 11, n.º 7, pág. 46-48.

C. D. U. 678.742.2 : 678.027.3

Extrusion de films transparents en Polyéthylène Linéaire — *Roberto Doyle.*

Industrie des plastiques modernes, 1-959, vol. 11 n.º 1, pág. 37-40.

C. D. U. 678.742.3.027

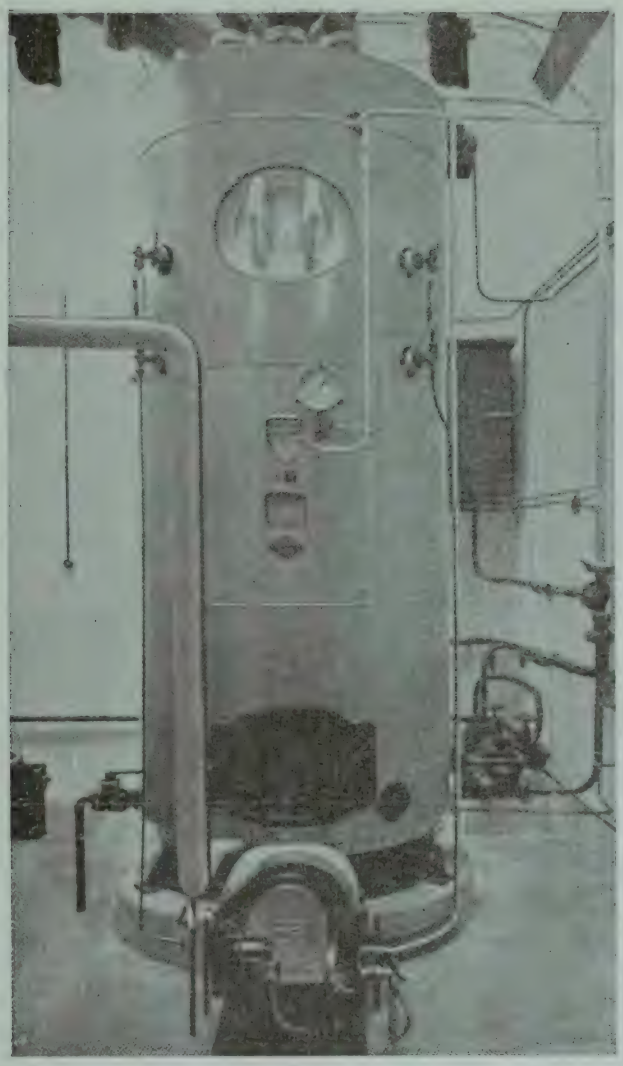
Le moulage du polypropylène — *R. Hanna et J. Lomaz.*

Industrie des plastiques modernes, 4-959, vol. 11, n.º 4, pág. 28-34.

C. D. U. 685.31.001.2

O diagrama de cargas na ponta do sapato quando se caminha (em russo, resumos em inglês e romeno) — *V. N. Tzvetkor.*

Bul. Inst. Politehnic din Iasi, 1959, vol. V (IX), n.º 1-2, pág. 409-414.

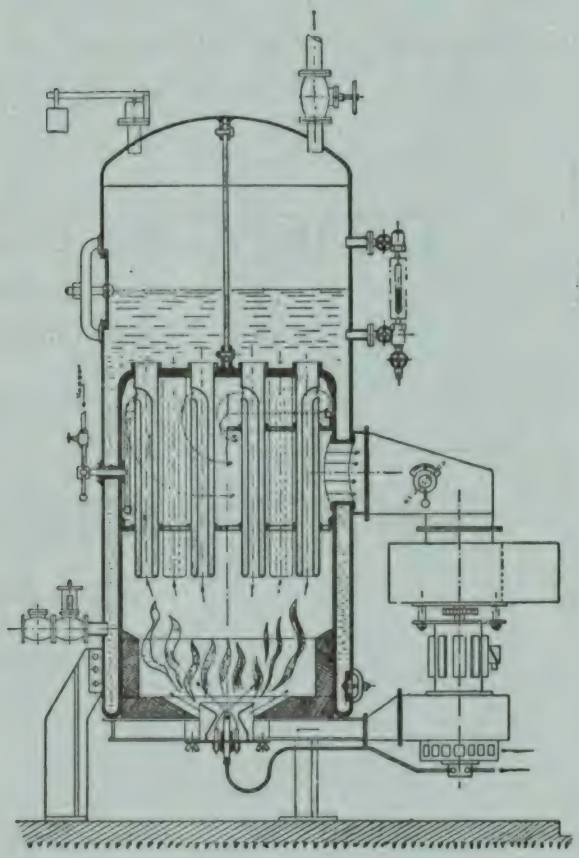


Caldeira Barès de 25 m²

CALDEIRAS BARÈS

Em França

400 em serviço



Corte de uma caldeira Dynatherm

Caldeiras

Rendimento superior a 80 %
Dimensões reduzidas
Em pressão em 15 minutos
Montagem extremamente simples
Conservação fácil e económica

DYNATHERM

CONSTRUTOR: J. BARATA

Rue Oberkampf, Paris-11e — França

Delegado em Portugal: L. O. Figueiredo — R. Saraiva de Carvalho, 201-1.º D.to — LISBOA-3

Vendemos material em 2.ª mão

Fornos rotativos de cozedura, convindo às indústrias químicas, metalúrgicas, etc. Pedreiras, calcárias, dolomia, magnésia

Trituradoras de esferas, britadeiras, tubos de secagem, misturadoras

Combóio de pedreira, comprimento 1750 m. 40 vagonetas, capacidade de 3 m³; 5 toneladas

Combóio de pedreira, 78 vagonetas com capacidade de 1,8 m³, 3 toneladas.

Dirigir-se a

CIMENTS D'OBOURG, S. A.

46, Boulevard du Régent — BRUXELAS — Bélgica

Telef. 12.30.50 — Telex BRU 508

EMPRESA ELECTRO CERÂMICA — S. A. R. L.

Candal — Gaia

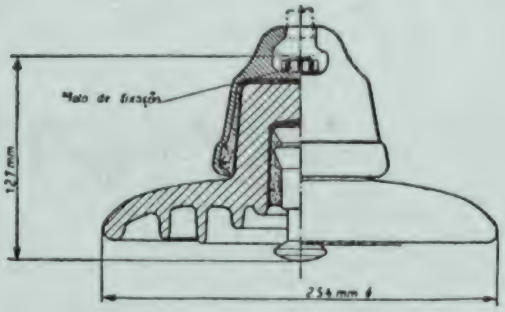
ISOLADORES DE CADEIA

Para suspensão

Tipo ACS 25

Este isolador é igual ao tipo I. B. S. 99 da firma inglesa Taylor Tunnicliff & Co., Ltd., por acordo com a qual o fabricamos

Peso aproximado:
4,5 kg cada elemento



Materiais

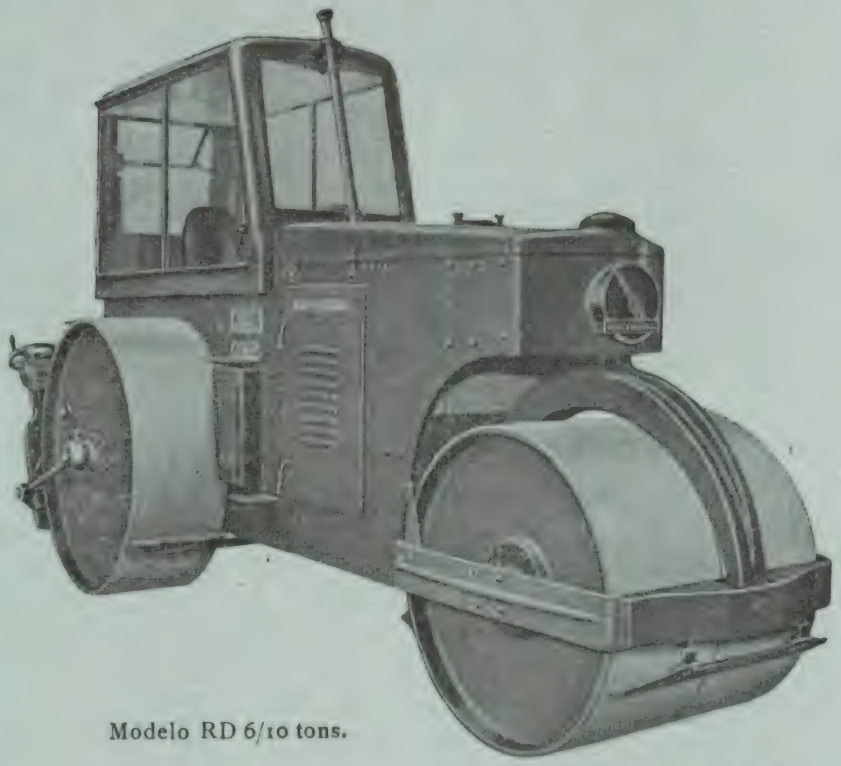
Porcelana vidrada em castanho.
Campânulas de ferro fundido maleável, galvanizadas por imersão a quente.
Hastes de aço macio galvanizadas por imersão a quente.
Molas de fixação de bronze fosforoso.

Sede — Largo Barão de Quintela, 3 — LISBOA

Cilindros Compressores de Estradas

ROAD-MARSHALL

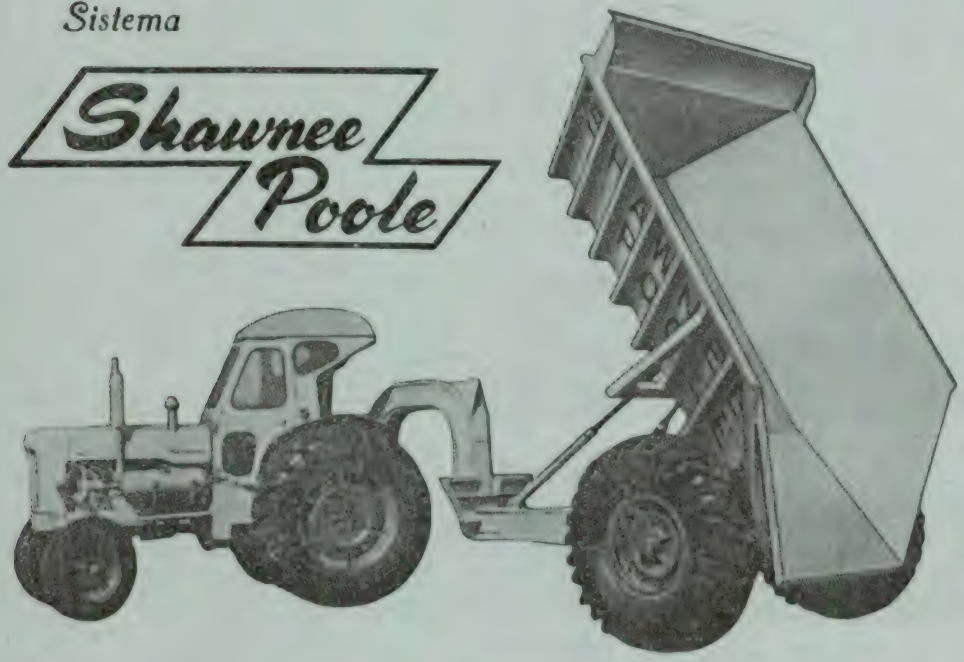
- Modelos de 2 e 3 rolos de 1,7 até 17 tons.
- Equipados com motor «Perkins» Diesel.
- Espalhadores de água, acoplamento de «Fluidrive», direcção motorizada, iluminação elétrica, bomba, escarificadores, toldo ou cabine.
- Unidades em armazém para entrega imediata.



Modelo RD 6/10 tons.

Sistema

Shawnee Poole



Símbolo de mobilidade e economia em transportes

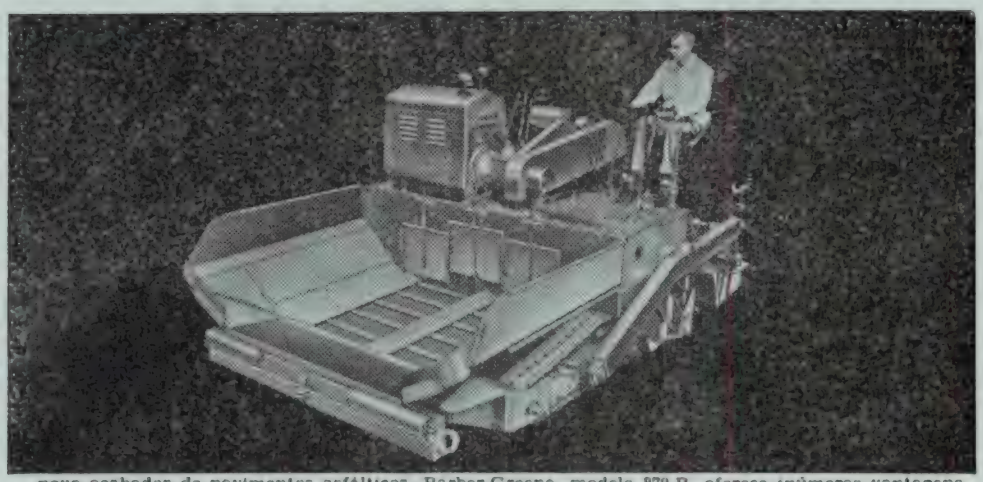
- 7 jardas cúbicas.
- 10 tons. de capacidade.
- Ângulo de viragem de 110°
- Unidades para entrega imediata.
- Peça uma demonstração, sem compromisso e para o local que mais lhe convier.

Representante exclusivo:

ESTABELECIMENTOS HEROLD, S. A. R. L.

Rua dos Fanqueiros, 278 — LISBOA

Telefones 24221/2/3



novo acabador de pavimentos asfálticos, Barber-Greene, modelo 879-B, oferece inúmeras vantagens.

O novo acabador de pavimentos asfálticos, Barber-Greene, modelo 879-B é construído na Inglaterra pela Barber-Greene Olding & Co. Ltd., e proporciona mais altas velocidades, maior tonelagem e menores gastos.

Velocidade de pavimentação 45 % mais rápida — Grande número de velocidades que permitem adaptar a máquina às várias condições de trabalho.

Mais rápida velocidade de circulação — 6,5 quilómetros/hora, tanto em marcha à frente, como em marcha atrás. Não necessito de voltar para fazer inversão de sentido de marcha

Aumento de 60 % na capacidade da tremonha — Ausência de espaço inútil. Todo o material contido na tremonha é enviado aos espalhadores

Dispositivo de regulação da espessura da camada asfáltica, de mais longa duração — Construído de liga de aço especial para resistir à acção dos materiais abrasivos.

Novo aquecedor do dispositivo regulador da espessura da camada asfáltica — Proporciona calor mais ràpidamente e com maior regularidade. Ignição automática.

Novo compactador de alta velocidade — Dá um aumento de 25 % na velocidade de compactação, de que resulta maior duração dos pavimentos por melhor compactação.

Novo modelo montado sobre lagartas — Proporciona maior tracção sejam quais forem os solos; maior poder de manobra; maior duração; menores gastos de manutenção; trabalho mais regular.

Para informação detalhada dirija-se ao representante exclusivo.

Barber-Greene Overseas, Inc.
Barber-Greene Company, Aurora, Ill., U.S.A.

BG

Barber-Greene Olding & Co., Ltd., England
Barber-Greene Canada, Ltd., Canada

REPRESENTANTE EXCLUSIVO:

SMEIA

SOCIEDADE DE MECANIZAÇÃO INDUSTRIAL E AGRÍCOLA, S. A. R. L.

Avenida Padre Manuel da Nóbrega, 6
LISBOA

59-504-F

RUSTON-BUCYRUS

A ESCAVADORA UNIVERSAL

De $\frac{3}{8}$ de jarda cúbica (300 litros)

Outros modelos até 6 jardas cúbicas

O número de escavadoras «RUSTON-BUCYRUS» e da sua associada «BUCYRUS-ERIE» existentes em Portugal e províncias ultramarinas é superior à totalidade de escavadoras das restantes marcas vendidas em território nacional

Para grandes obras e trabalhos de grande responsabilidade, as escavadoras «RUSTON-BUCYRUS» e «BUCYRUS-ERIE» dão uma garantia absoluta de rendimento e continuidade do serviço, o que se traduz em grande economia

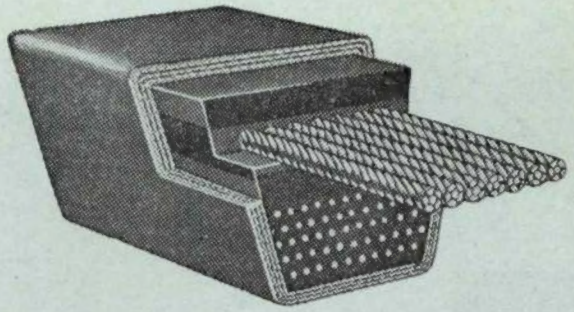
Agentes exclusivos para Portugal Continental e Ultramarino

MONTEIRO GOMES, LIMITADA

Rua Cascais, 47 (Alcântara)

LISBOA

PORTO LUANDA LOURENÇO MARQUES



Quando tiver pequenas distâncias entre centros, grandes diferenças entre diâmetros, ou ambas as coisas, empregue correias **trapesoidais** sem-fim de

GOODYEAR

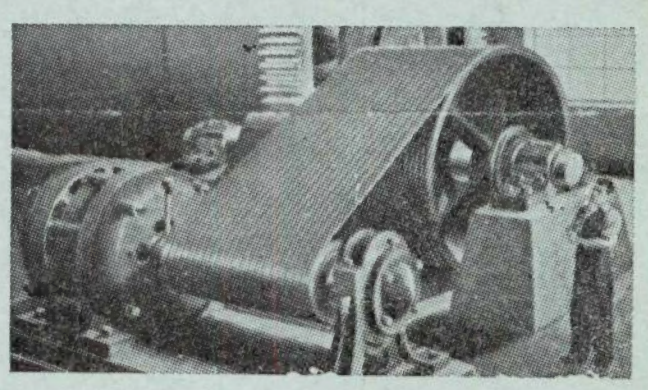
Para grandes potências use correias **trapesoidais** com cordas de aço.

GOODYEAR

Distribuidores exclusivos:

CANELAS & FIGUEIREDO, LDA.

Rua dos Fanqueiros, 46 — LISBOA



SONDAGENS
FUNDAÇÕES
CAPTAÇÕES DE ÁGUA
REBAIXAMENTOS
DE NÍVEIS AQUÍFEROS

RUA RODRIGO DA FONSECA, 62- · LISBOA · TELEF. 53873

Oficina e Laboratórios

do

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDES, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO de ELECTROTECNICA, fornecem todo o género de material escolar de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA-ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público.

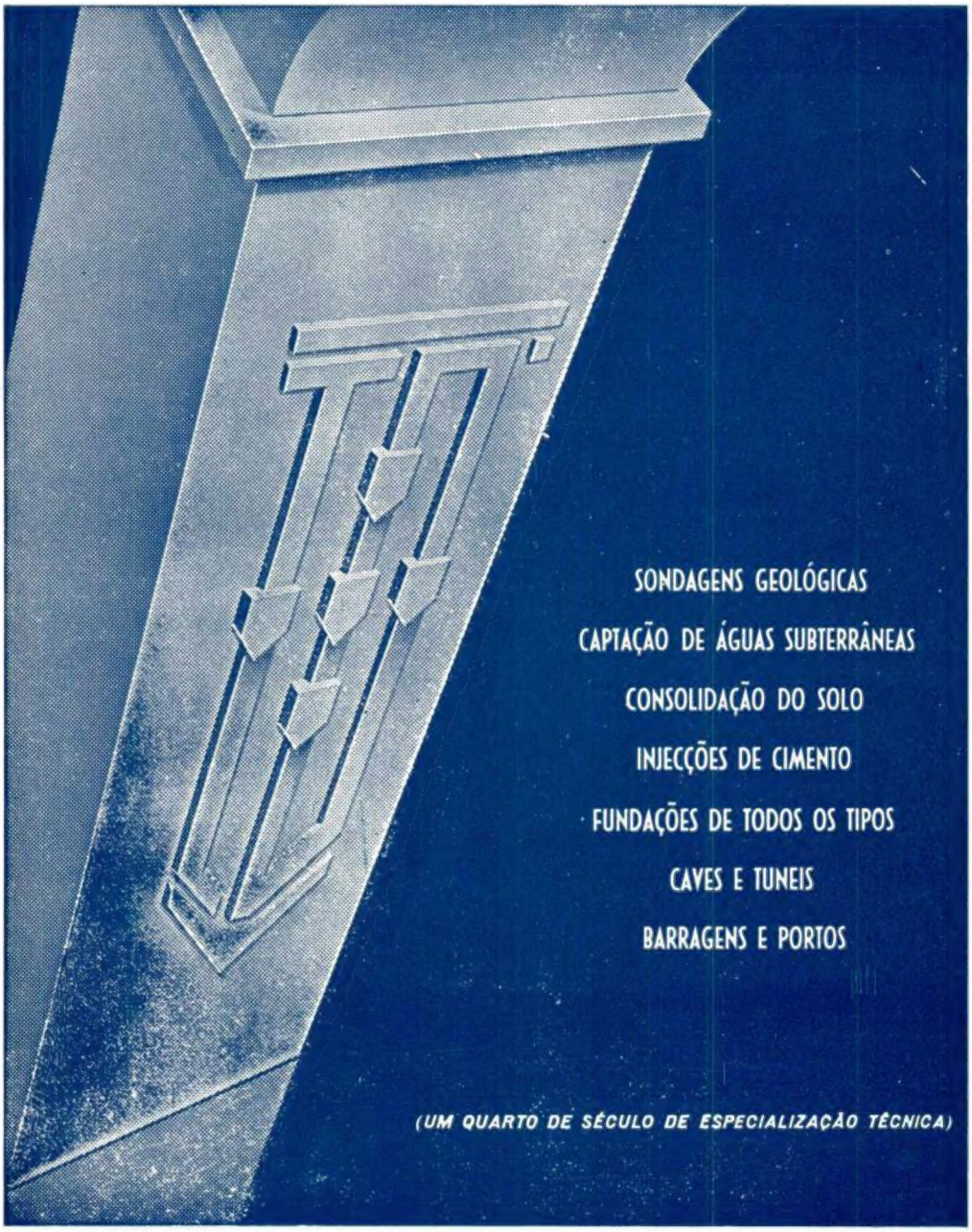
Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

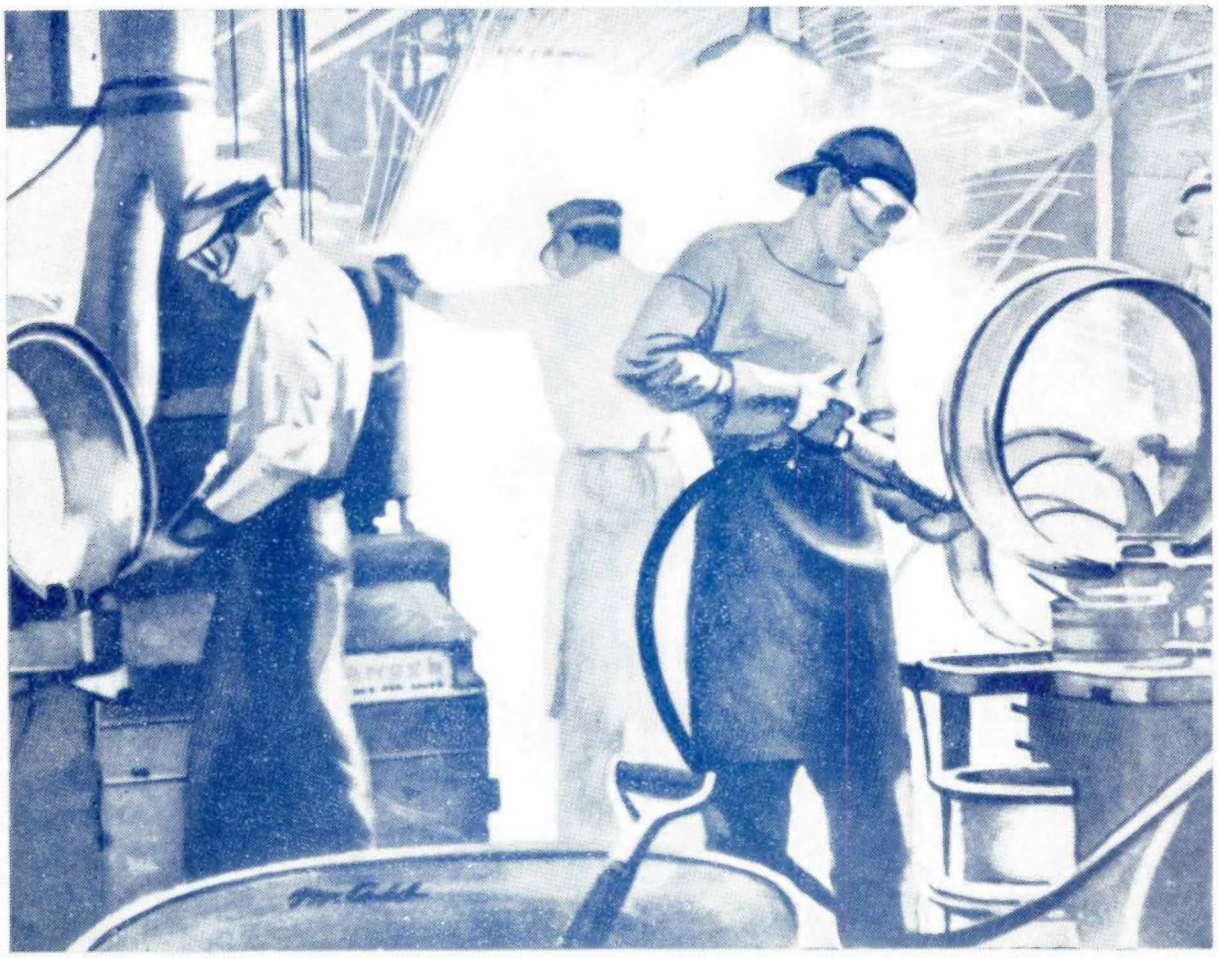
Empresa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, L.DA

PR. DA FIGUEIRA, 18. 3.°
TELEF. 3 2774

LISBOA





DURAÇÃO DE UMA BOMBA HIDRÁULICA PROLONGADA EM 22%

Cerca de 100 bombas accionam as prensas hidráulicas e outro equipamento usado na produção de aros de rodas, na Divisão de Produtos Metálicos da Goodyear.

Algumas destas bombas, lubrificadas segundo um plano MOBIL, trabalharam em serviço contínuo o dobro do tempo previsto para a sua duração. Outras, cuja vida média se admitia ser de 5 anos, continuam em funcionamento normal ao fim de 11 anos. A fábrica nunca teve qualquer avaria nessas bombas por deficiência de lubrificação desde que adoptou um Plano Mobil de Lubrificação Racional.

O simples facto de uma avaria nas bombas, além de causar alterações no ritmo da produção contínua da fábrica, custar mais de 10.000$00 em mão de obra e cerca de 100 contos noutras reparações, põe em perfeito destaque os resultados apontados.

Hoje em dia, na Goodyear, os custos de manutenção estão a transformar-se gradualmente em lucros.

Se tem qualquer problema de lubrificação, consulte-nos.

Mobil

GARANTIA DE ALTA QUALIDADE

3158